

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Laboratorio de Sistemas Inteligentes



**DESARROLLO DEL SISTEMA
DE CONTROL Y GOLPEO
DE PELOTA PARA ROBOCUP
SMALL SOCCER LEAGUE (SSL)**

PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial

Autor: David López Montes

Tutor: José María Armingol Moreno

Leganés, Octubre de 2010



AGRADECIMIENTOS

La construcción de un robot F180 para la competición Robocup Small Size League ha sido posible gracias al esfuerzo de muchas personas. No sólo aquellas que trabajaron implícitamente en él como mis compañeros sino también a profesores, familiares y amigos que colaboraron dando sus ánimos en todo momento. Todos ellos se merecen una mención especial en este proyecto ya que sin su ayuda no habríamos llegado tan lejos.

En primer lugar dar las gracias a toda mi familia por su incondicional apoyo. Junto a mí ellos han experimentado lo que supone estudiar una ingeniería y sin ellos el camino hasta el final hubiera sido más difícil.

Gracias a Jose María Armingol por darme la oportunidad de disfrutar una experiencia como ésta. Gracias a sus consejos y su positivismo, hasta en los momentos más delicados. Espero que haya disfrutado tanto como yo de los resultados obtenidos y que en un futuro no muy lejano vea a nuestro pequeño Messi marcar muchos goles en la competición.

Gracias a nuestros técnicos de laboratorio, Ángela y Fernando, por proporcionarnos todo el material necesario y ayudarnos en todo lo posible con su gran sentido del humor.

No me olvido de mis compañeros con los que he compartido tantas horas de trabajo. Ales, Álvaro, Antonio, Pablo, gracias por el trabajo realizado y crear este gran ambiente en el que daba gusto ir a currar.

Gracias a todos mis amigos, en especial a Octavio y Angelillo que siempre me han ayudado en todo lo que han podido y han estado apoyándome durante tantos años.

Por último, gracias a Laura que me ha “aguantado” todo este tiempo, sobre todo en los últimos meses, y que con una mirada me hacía olvidar todos los malos momentos y complicaciones que surgían por el camino.



ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
1.- INTRODUCCIÓN	10
1.1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	10
1.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
2.- REGLAS DE JUEGO DE LA LIGA 2010 PARA LOS ROBOTS F180	15
2.1.- LEY 1 – El terreno de juego.....	16
2.2.- LEY 2 – El Balón	20
2.3.- LEY 3 – El número de robots.....	20
2.4.- LEY 4 – El equipo de robótica.....	21
2.5.- LEY 5 – El árbitro	27
2.6.- LEY 6 – El árbitro asistente	31
2.7.- LEY 7 – La duración del partido.....	31
2.8.- LEY 8 – Inicio y reanudación del juego.....	33
2.9.- LEY 9 – El balón en juego y parado	35
2.10.- LEY 10 – Método de tanteo	36
2.11.- LEY 11 – Fuera de juego	36
2.12.- LEY 12 – Faltas y conducta antideportiva.....	36
2.13.- LEY 13 – Tiros libres	40
2.14.- LEY 14 – El tiro de penalti	41
2.15.- LEY 15 – El saque de banda.....	43
2.16.- LEY 16 – El saque de puerta	44
2.17.- LEY 17 – El saque de esquina	45
2.18.- Apéndice A – Reglas de competencia.....	46
2.19.- Apéndice B – Expertos en visión.....	48
3.- COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180.....	49
3.1.- SISTEMA DE VISIÓN	50
3.2.- SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	50
3.3.- SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO.....	51
3.4.- ROBOTS	51
3.5.- LOS PARTIDOS F180.....	52



3.6.- ARQUITECTURA DEL MICROROBOT F180.....	52
3.6.1.- Procesamiento del robot.....	52
3.6.2.- Locomoción	53
3.6.3.- Alimentación.....	54
3.6.4.- Estructura	55
3.6.5.- Sistema de Disparo	55
3.6.6.- Circuito de Potencia.....	57
3.6.7.- Dribbler	58
4.- SISTEMA DE DISPARO	59
4.1.- INTRODUCCIÓN	59
4.2.- OPCIONES DE DISEÑO	59
4.2.1.- Neumático	60
4.2.2.- Servomotor.....	62
4.2.3.- Muelle	65
4.2.4.- Solenoide	67
4.2.4.1.- Ley de Faraday	68
4.2.4.2.- Ley de Ampere.....	69
4.2.4.3.- Tipos de solenoide	71
4.2.4.4.- Características	71
4.2.4.5.- Disparo	74
4.2.5.- Conclusión	76
4.3.- ELECCIÓN DEL SOLENOIDE	77
4.4.- OPTIMIZANDO EL DISPARO.....	80
4.5.- CIRCUITO ELEVADOR DC-DC	83
4.6.- CIRCUITO DE CONMUTACIÓN	85
4.7.- CONTROL DE TENSIÓN	86
4.8.- DISPARANDO	88
5.- CONTROL DE LA PELOTA.....	90
5.1.- INTRODUCCIÓN	90
5.2.- DISEÑO DEL DRIBBLER	91
5.3.- DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL DRIBBLER.....	93
5.4.- ACTIVACIÓN DEL DRIBBLER.....	94



6.- CONCLUSIONES Y MEJORAS	95
6.1.- CONCLUSIONES	95
6.2.- MEJORAS EN EL SISTEMA DE DISPARO	95
6.3.- MEJORAS EN EL SISTEMA DE DRIBBLING	97
 7.- PRESUPUESTO	 98
7.1.- COSTE MATERIAL	98
7.1.1.- Estructura	98
7.1.2.- Sistema locomotor	99
7.1.3.- Dribbler	99
7.1.4.- Sistema de disparo	99
7.1.5.- Sistema de control	100
7.1.6.- Cableado y conexionado	100
7.1.7.- Alimentación	100
7.2.- COSTE DE PERSONAL	100
7.3.- PRESUPUESTO FINAL	102
 8.- BIBLIOGRAFÍA	 102
 9.- ANEXOS	 104
9.1.- Salón de la fama	105
9.2.- Hojas de características del solenoide	106
9.3.- Hoja de características del motor del dribbler	108
9.4.- Plano de la base del robot	109
9.5.- Plano de la escuadra del solenoide	110
9.6.- Plano del soporte del dribbler	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Logotipo de la Robocup.....	11
Figura 1.2. Liga de simulación.....	12
Figura 1.3. Liga “Small Size”	12
Figura 1.4. Liga “Medium Size”	13
Figura 1.5. Liga de robots cuadrúpedos	13
Figura 1.6. Liga humanoide	13
Figura 2.1. Dimensiones del campo de juego	16
Figura 2.2. Portería en detalle	18
Figura 2.3. Dimensiones máximas de un robot.....	21
Figura 2.4. Área mínima superior del robot.....	23
Figura 2.5. Patrón estándar para Robocup 2010	23
Figura 2.6. Asignaciones del color estándar para Robocup 2010	24
Figura 2.7. Sistema de regateo	25
Figura 2.8. Cómo se debe coger la pelota	39
Figura 3.1. Arquitectura del sistema	50
Figura 3.2. Partes funcionales de un robot F180.....	51
Figura 3.3. Módulo RCM5400W	52
Figura 3.4. Motor y rueda del robot F180	54
Figura 3.5. Batería de 14.7V y 3300mAh	54
Figura 3.6. Diseño de la base del robot.....	55
Figura 3.7.a. Solenoide no excitado	56
Figura 3.7.b. Solenoide excitado	56
Figura 3.8. Circuito de potencia.....	57
Figura 3.9. Dribbler.....	58
Figura 4.1. Cartuchos de CO ₂	60
Figura 4.2. Conductores neumáticos	60
Figura 4.3. Cilindro de simple efecto.....	60
Figura 4.4. Cilindro de doble efecto.....	61
Figura 4.5. Válvulas neumáticas	61
Figura 4.6. Tabla resumen neumática	62
Figura 4.7. Servomotor	62
Figura 4.8. Controlador proporcional.....	63
Figura 4.9. Control servo con PWM	64
Figura 4.10. Disparo con servo.....	64
Figura 4.11. Tabla resumen servomotor	65
Figura 4.12. Ley de Hooke	65
Figura 4.13. Gráfica constante elástica k.....	66
Figura 4.14. Disparo con muelle.....	66
Figura 4.15. Tabla resumen muelle	67
Figura 4.16. Dibujo solenoide	67
Figura 4.17. Líneas de fuerza solenoide	68
Figura 4.18. Ley de Faraday	68
Figura 4.19. Regla de la mano derecha.....	69



Figura 4.20. Ecuación flujo	69
Figura 4.21. Ley de Faraday generalizada.....	69
Figura 4.22. Ley de Faraday para solenoide.....	69
Figura 4.23. Ley de Ampere	69
Figura 4.24. Contribuciones a la circulación I.....	70
Figura 4.25. Contribuciones a la circulación II	70
Figura 4.26. Ley de Ampere para solenoide.....	71
Figura 4.27. Fuerza en el solenoide I.....	75
Figura 4.28. Fuerza en el solenoide II	75
Figura 4.29. Carga del condensador	75
Figura 4.30. Diagrama de bloques del disparo	75
Figura 4.31. Tabla resumen solenoide	76
Figura 4.32. Tabla resumen de los sistemas de disparo.....	77
Figura 4.33. Tamaño del solenoide.....	78
Figura 4.34. Solenoide escogido.....	78
Figura 4.35. Sistema de retorno	79
Figura 4.36. Sistema de extensión	79
Figura 4.37. Anclaje a la base.....	80
Figura 4.38. Circuito de pruebas.....	80
Figura 4.39. Condensadores en paralelo.....	81
Figura 4.40. Situación de condensadores	81
Figura 4.41. Ensayo disparo I.....	82
Figura 4.42. Experimento golpeo	82
Figura 4.43. Ensayo disparo II.....	82
Figura 4.44. Circuito elevador Boost.....	83
Figura 4.45. Ecuación Boost.....	83
Figura 4.46. Esquemático del convertidor	84
Figura 4.47. Ecuación Boost de 2 etapas	84
Figura 4.48. Convertidores DC-DC picoelectronics.....	85
Figura 4.49. Circuito integrado 555.....	86
Figura 4.50. Ecuaciones del 555	86
Figura 4.51. Esquemático del control de tensión.....	87
Figura 4.52. A.O. no inversor	88
Figura 4.53. Esquemático disparo	88
Figura 5.1. Dribbler RoboRoos.....	91
Figura 5.2. Rodillos dribbler	91
Figura 5.3. Barra dribbler.....	92
Figura 5.4. Motor dribbler.....	92
Figura 5.5. Elementos dribbler.....	93
Figura 5.6. Soporte para el dribler	93
Figura 5.7. Dribbler.....	93
Figura 5.8. Activación del dribbler	94
Figura 6.1. Sensado disparo	96
Figura 6.2. Ampliación disparo.....	96
Figura 6.3. Disparo CMDragons.....	97
Figura 6.4. Suspensión Universidad de Cornell.....	97

CAPÍTULO 1

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo se enfoca a la creación de un robot F180 de la Robocup Small Soccer League. Basándonos en estudios previos realizados por estudiantes de la Universidad Carlos III de Madrid, integrantes del Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) se procedió a la implementación de un prototipo totalmente autónomo y funcional, con la intención de que fuese el primero de los cinco robots necesarios para la futura participación de la Universidad en la Liga Small Size.

En la presente introducción se describe el problema que este proyecto pretende resolver, definiéndose el objetivo y acotando el alcance del trabajo, así como una breve descripción del resto de sistemas que intervienen en el correcto funcionamiento del robot.

En los últimos años la humanidad ha presenciado grandes avances en el campo de la robótica y la inteligencia artificial. En el año de 1997 sucedieron dos grandes hechos que pueden ser considerados como un punto de inflexión: en mayo, Deep Blue de IBM derrotó al campeón mundial de ajedrez y el 4 de julio la misión Pathfinder de la NASA hizo llegar exitosamente a Marte al Sojourner, un sistema robótico. Ese mismo año se llevó a cabo una competencia por demás singular: más de cuarenta equipos se reunieron para formar parte del primer campeonato mundial de fútbol robótico.

El origen de esta extraña competencia se encuentra en el documento “On Seeing Robots” publicado en 1992 por Alan Mackworth de la UBC Canadá, desde ese momento su equipo de investigación publicó trabajos relacionados con el tema de robots que juegan fútbol. De manera paralela, un grupo de investigadores japoneses organizó en octubre de 1992 un taller sobre los grandes retos de la inteligencia artificial. En él se discutió la posibilidad de utilizar el fútbol como plataforma de desarrollo para la ciencia y la tecnología.

En junio de 1993, tras una serie de estudios de viabilidad tecnológica y financiera, los japoneses Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi y Hiroaki Kitano decidieron lanzar una competencia robótica, llamada originalmente Robot J-League, en honor a la recién creada liga de fútbol profesional de Japón. Unos meses después, la comunidad científica mundial propuso que el proyecto recién creado tuviera alcance mundial. Así nació “The Robot World Cup Initiative”, mejor conocido como el proyecto RoboCup.

Por todo esto, se creó la Federación RoboCup como una organización internacional registrada en Suiza. La federación se encarga de dirigir el esfuerzo de la comunidad científica mundial para promover la ciencia y la tecnología a través de robots y agentes de software que juegan fútbol. La figura 1 muestra el logotipo de la Federación RoboCup.



Figura 1.1. Logotipo de la Robocup

El proyecto tiene un objetivo ambicioso, se pretende que con la tecnología desarrollada en el año de 2050 un equipo de robots autónomos humanoides sea capaz de derrotar en un partido de fútbol a la selección humana campeona del mundo de ese tiempo. Para lograrlo se han creado varias líneas de investigación que promuevan el desarrollo tecnológico y de sistemas inteligentes y colaborativos.

La iniciativa RoboCup se divide en tres grandes áreas: “RoboCup Soccer”, “RoboCup Rescue” y “RoboCup Junior”.

En el presente documento se expone primeramente lo que es la competición de Robocup Soccer con su reglamentación para presentar el problema u objetivo que se persigue con el proyecto. A continuación se presentara una breve descripción de los distintos sistemas que componen cada equipo, y por último se estudiará más en profundidad los sistemas de control y golpeo de la pelota de un microrobot para esta competición en la categoría SSL F180.

Las competiciones de fútbol de robots tienen como finalidad la investigación y el desarrollo de un equipo de robots autónomos pero que buscan un fin común y enfrentándose a un entorno dinámico y en continuo cambio de tal forma que pueden llevar a cabo los objetivos cooperando entre ellos. Todas las soluciones ante las adversidades particulares que supone un campeonato de fútbol de robots, son soluciones válidas para cualquier otro contexto, como por ejemplo el rescate de una persona en una situación de peligro.

Actualmente existen diferentes campeonatos de fútbol de robots. Las diferentes ligas atienden a la morfología del robot y siguen diferentes conjuntos de reglas. Dentro de RoboCup Soccer existen cinco categorías de competencia, cada una con características muy particulares, y son[9]:

- Liga de simulación, donde no existen robots físicos, sino que se trata de 11 agentes virtuales que se enfrentan en un terreno de juego virtual. Cada Agente envía información a un servidor de simulación y recibe datos sobre su posición y del ambiente.



Figura 1.2. Liga de simulación

- Liga de robots de tamaño pequeño (Small Size), también conocida como SSL por sus siglas en inglés aunque su nombre oficial es F180 (El nombre F180 proviene de los 180mm de altura máxima de los robots). Dos equipos de 5 robots cada uno, de un tamaño no mayor a un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de alto, juegan al fútbol en un campo de 6050x4050 mm con una pelota de golf de color naranja. Los robots son totalmente autónomos y un sistema central de visión obtiene la información del ambiente y de los robots, mientras un sistema de control envía instrucciones de manera inalámbrica a los robots.



Figura 1.3. Liga “Small Size”

- Liga de robots de tamaño medio, formado por 4 robots con sensores de abordó para obtener información del ambiente y un sistema de visión local.



Figura 1.4. Liga “Medium Size”

- Liga de robots con cuatro patas, en el que cuatro robots cuadrúpedos (SONY AIBO) disputan el encuentro y que al igual que en la anterior poseen sensores de abordó y sistema de visión local y se comunican entre ellos.



Figura 1.5. Liga de robots cuadrúpedos

- Liga de robots humanoides, es la única liga en donde los robots, en este caso con forma humana, se permite la intervención humana.



Figura 1.6. Liga humanoide

El presente documento se centrará en la liga de robots de tamaño pequeño (Small Size League). En esta competición participan hasta cinco robots pequeños por equipo con un tamaño máximo descrito en la normativa del juego. Los robots deben ser capaces de saber cuál es su posición dentro del terreno de juego, dónde se encuentra la pelota y cuál es su trayectoria y si está bajo el control de un robot del mismo equipo o del equipo contrario, de esquivar obstáculos móviles, los robots tanto de un equipo como de otro, interceptar la pelota en su trayectoria, realizar pases, disparos, ejecutar jugadas, etc. Se irá viendo la complejidad de cada uno de las acciones descritas anteriormente y las posibles soluciones a cada una de ellas.

1.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes de la UC3M es un centro de investigación enfocado al desarrollo de tecnología en las áreas de inteligencia artificial, visión por computadora, comportamientos autónomos, comunicaciones inalámbricas, colaboración de agentes y robótica. En él, los alumnos de las Ingenierías de la UC3M participan en proyectos motivados por competiciones nacionales e internacionales tales como EUROBOT. En 2008 se decidió comenzar con el proyecto RoboCup en la liga de robots pequeños. Es la primera vez que realiza dicho proyecto en la historia de la UC3M, y el objetivo del presente proyecto será diseñar y construir la base para poder desarrollar un equipo de cinco robots de la liga F180 que cumplan con las reglas establecidas por la Federación RoboCup y puedan participar en competiciones oficiales.

El alcance de este proyecto se centra en el diseño y la construcción de los robots. El diseño de la solución abarca los módulos que forman parte del robot comenzando por la recepción de información, el procesamiento, su correcta ejecución en los dispositivos actuadores de los motores, disparo y dribbling. Centrándose especialmente en estos dos últimos sistemas.

Por tanto el presente proyecto se centra en dotar al futuro robot de:

- Un sistema de procesamiento de datos y de comunicaciones, compuesto por una placa base que incorpora un microprocesador y un sistema WIFI.
- Un sistema de locomoción omnidireccional compuesto por ruedas omnidireccionales, motores, reductoras, encoders y drivers de potencia.
- Un sistema de alimentación compuesto por baterías que dota al robot de autonomía y le permite moverse libremente sin necesidad de estar conectado mediante cables a un sistema de alimentación externo.
- Una estructura sólida en la que poder fijar los componentes.
- La programación necesaria para el control de la velocidad, dirección de los motores, dribbling y disparo de la pelota.
- Un sistema de disparo óptimo para que el robot pueda pasar y disparar en el momento oportuno.
- Un circuito elevador para posibilitar un disparo potente.
- Un sistema de dribbling para que el robot pueda mantener la pelota mientras se desplaza en la dirección necesaria, pivota o regatea o esquiva a algún robot.



CAPÍTULO 2

2.- REGLAS DEL JUEGO

Para poder hacerse una idea del proyecto es necesario hacer una breve descripción de lo que será el sistema completo y es necesario conocer cuáles son las reglas, limitaciones, etc. que se imponen para ubicarse en el contexto y entender mejor el por qué de cada subsistema. Se describirán por tanto las reglas de juego ya que nos marca las restricciones a la hora del diseño y en el transcurso de un partido y por tanto son determinantes en el diseño global del sistema[12].

- LEY 1 - El terreno de juego
- LEY 2 - El balón
- LEY 3 - El número de robots
- LEY 4 - El equipo de robótica
- LEY 5 - El árbitro
- LEY 6 - El árbitro asistente
- LEY 7 - La duración del partido
- LEY 8 - El inicio y la reanudación de juego
- LEY 9 - El balón en juego y parado
- LEY 10 - El método de puntuación
- LEY 11 - Fuera de juego
- LEY 12 - Faltas y conducta antideportiva
- LEY 13 - Tiros libres
- LEY 14 - El tiro de penalti
- LEY 15 - El saque de banda
- LEY 16 - El saque de puerta
- LEY 17 - El saque de esquina
- Apéndice A - Reglas de Competencia
- Apéndice B - Expertos en Visión

Notas

Masculino y Femenino

Las referencias al género masculino en las leyes con respecto a los árbitros, árbitros asistentes, el equipo y los miembros y funcionarios, se aplican por simplificación y se aplican tanto a hombres y mujeres.

2.1.- LEY 1 - EL TERRENO DE JUEGO

Dimensiones

El campo de juego debe ser rectangular. Las dimensiones incluyen las líneas de contorno.

Longitud: 6050mm

Anchura: 4050mm

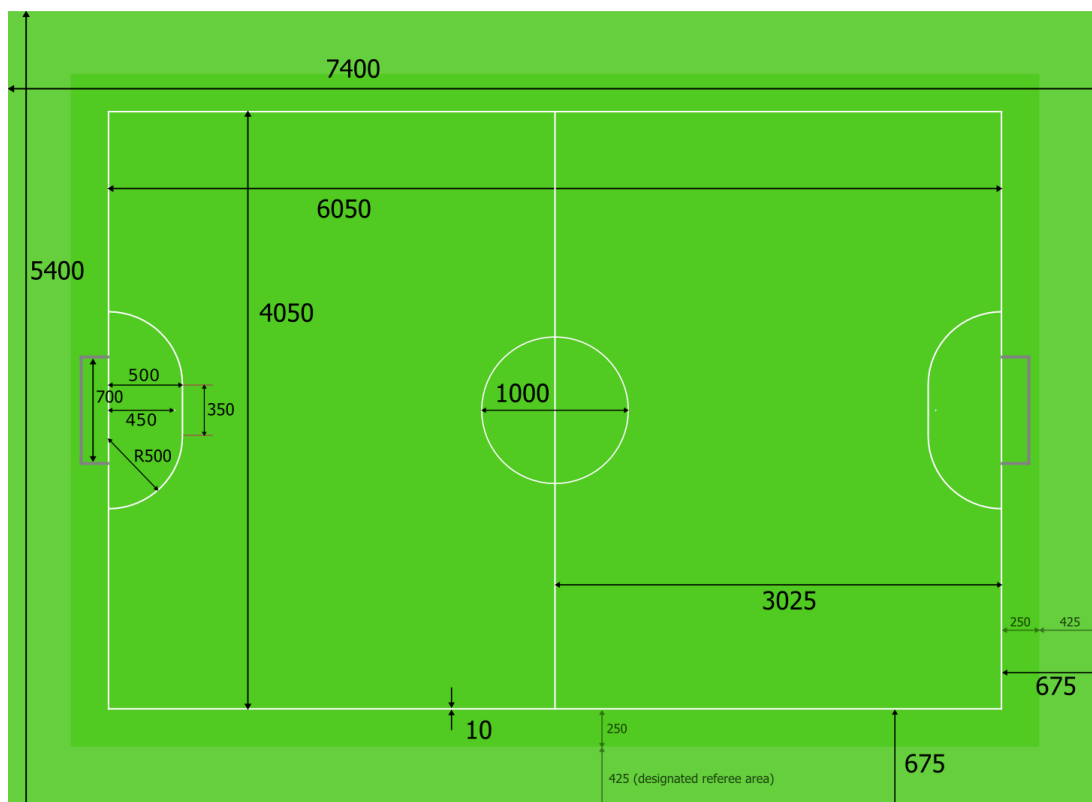


Figura 2.1. Dimensiones del campo de juego.

La superficie del campo

La superficie de juego es de color verde, de fieltro o moqueta. El suelo debajo de la alfombra debe estar nivelada, plana y dura.

La superficie del campo se aumentará 675 mm más allá de las líneas fronterizas por todo el contorno. Los 425mm del exterior de esta zona de escape se utilizan para el paso a pie del árbitro designado a esta la zona (véase la Ley 5). En el borde de la superficie del campo, una pared de 100 mm de altura impedirá que la pelota y los robots salgan fuera del borde exterior.

Líneas del campo

El campo de juego está marcado con líneas. Las líneas pertenecen a las áreas, de las que son las fronteras.

Los dos lados más largos se llaman los límites de contacto (las bandas). Los dos lados más cortos se llaman límites de gol.

Todas las líneas son de 10 mm de ancho y pintado de blanco.

El campo de juego se divide en dos mitades por una línea en mitad del campo.

La marca de centro se indica en el punto medio de la línea del centro. Un círculo con un diámetro de 1000mm se caracteriza a su alrededor.

El Área de Defensa

Un área de la defensa se define en cada extremo del campo de la siguiente manera:

Dos cuartos de círculo con un radio de 500mm se dibujan en el terreno de juego. Estos cuartos de círculo están conectados por una línea paralela a la línea de meta. La configuración exacta se muestra en la figura 2.1.

La zona delimitada por este arco y la línea de meta es el área de defensa.

Punto de penalti

Dentro de cada área de la defensa se marca un punto de penalti que se sitúa a 450 mm desde el punto medio entre los postes y equidistante a ellos. La marca es un círculo de 10 mm de diámetro de pintura blanca.

Porterías

Las porterías deben ser puestas en el centro de cada límite de gol.

Constan de dos paredes laterales verticales de 160mm, unidas por la detrás por una pared vertical de 160 mm.

La cara interna de la meta tiene que ser cubierta con un material absorbente de energía como la espuma para ayudar a absorber los impactos de las bolas y disminuir la velocidad de las desviaciones. Respecto a las porterías, las paredes, los bordes, y las tapas son de color blanco.

Hay una barra redonda de acero con forma de cruz que recorre la parte superior de la portería y está dispuesta en paralelo a la línea de meta. No tiene de más de 10mm de diámetro, pero es lo suficientemente fuerte para desviar el balón. La parte inferior de la barra está a 155mm de la superficie del campo, la barra es de color oscuro para reducir al mínimo la interferencia con los sistemas de visión. La parte superior de la meta está cubierta por una red fina para evitar que la bola pueda entrar en la portería desde arriba. Se sujeta de forma segura a la barra y las paredes de la portería.

La distancia entre las paredes laterales es de 700mm. La meta es de 180mm de profundidad. La distancia desde el borde inferior del larguero a la superficie de juego es de 150mm.

El piso interior de la portería es el mismo que el resto de la superficie de juego.

Las paredes de la portería son de 20mm de espesor.

Las porterías deben estar ancladas firmemente a la superficie de terreno.

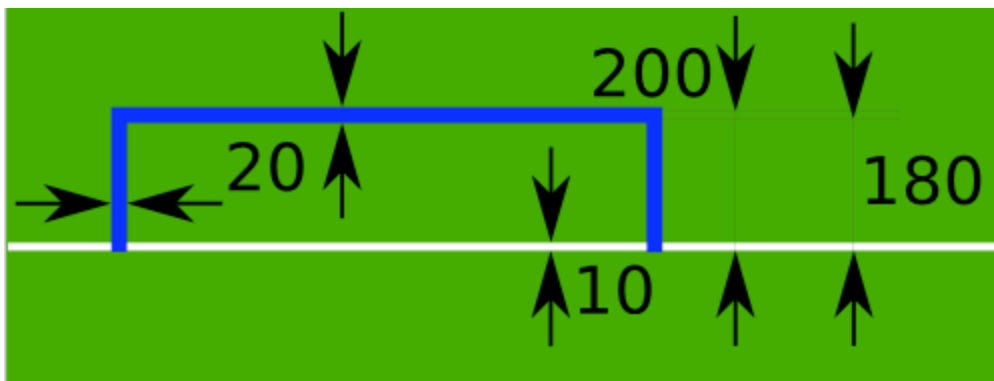


Figura 2.2. Portería en detalle.

Equipo para montaje de las cámaras.

La barra de montaje tendrá de 4 m de longitud sobre el terreno. La barra se coloca por encima de la línea media del campo de meta a meta. La barra debe montarse de forma segura para que no se descuelgue bajo una fuerza externa pequeña, y no debe doblarse o torsionarse de manera significativa cuando el peso del equipo de vídeo sea añadido.

Sistema de visión compartida

Cada campo está provisto de un sistema centralizado de visión compartida y un conjunto de cámaras compartidas. Este equipo de visión compartida utiliza el software

“SSL-Vision” para comunicar los datos de localización a los equipos vía Ethernet en formato paquete que será anunciado por los desarrolladores del sistema compartido de visión antes de la competición. Los equipos tendrán que asegurarse de que sus sistemas son compatibles con la salida del sistema compartido de visión y de que sus sistemas son capaces de manejar las propiedades típicas de los datos de sensorización del mundo real proporcionados por el sistema de visión compartida (incluyendo ruido, retraso, o detecciones ocasionales fallidas y errores de clasificación).

Además del equipo de visión compartida, los equipos NO pueden montar sus propias cámaras u otros sensores externos, a menos que sean específicamente anunciados o permitidos por los respectivos organizadores de la competición.

El sistema de visión compartida en cada campo está bajo mantenimiento de uno o más expertos de visión. El proceso de selección de estos expertos será comunicado por los organizadores de la competición. El Apéndice B describe las labores de los expertos de visión.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local, debe procurar proporcionar uniformes, las condiciones de luz difusa de la aproximadamente 500 LUX o más brillante. No se utilizará un equipo especial de iluminación especial para proporcionar estas condiciones. El brillo no está garantizado ni se espera que esté completamente uniforme a través de la superficie del campo. Se espera que los equipos sean autosuficientes para hacer frente a las variaciones que se produzcan cuando se utiliza la iluminación ambiente. El comité organizador dará a conocer detalles de la iluminación de acuerdo a la competencia tan pronto como sea posible.

Decisión 2

Ningún tipo de publicidad comercial, ya sea real o virtual, está permitido en el terreno de juego y el equipo de campo (incluidas las redes y las áreas que delimitan) desde el momento en que los equipos entran en el terreno de juego hasta el descanso y desde éste hasta el momento en que vuelven a entrar en el terreno de juego hasta el final del partido. En particular, ningún material de publicidad de cualquier tipo puede aparecer dentro de los objetivos o las paredes. Los equipos ajenos (cámaras, micrófonos, etc) también se ajustaran a estas normas.

Decisión 3

El color específico y la textura de la superficie no se especifica y puede variar de una competencia a otra (como los campos de fútbol reales pueden variar). La superficie por debajo de la alfombra será nivelada y dura. Ejemplos de las superficies aprobadas incluyen: cemento, linóleo, pisos de madera, madera contrachapada, mesas de ping-pong y tableros de partículas, moqueta o superficies acolchadas no están permitidas. Todo el esfuerzo será hecho para asegurar que la superficie sea plana, sin embargo, corresponde a los equipos individuales el diseño de sus robots para hacer frente a la ligera curvatura de la superficie.

2.2.- LEY 2 - EL BALÓN

Calidades y Medidas

La pelota es una pelota de golf estándar de color naranja. Esta será:

- esférica
- de color naranja
- de aproximadamente 46 g de la masa
- de aproximadamente 43 mm de diámetro

Sustitución de una pelota defectuosa

Si el balón se vuelve defectuoso durante el transcurso de un partido:

- el partido se detiene
- el partido se reanudará mediante la colocación de la bola de sustitución en el lugar donde la primera bola se convirtió en defectuosa.

El balón no puede ser cambiado durante el partido sin la autorización del árbitro.

2.3.- LEY 3 – EL NÚMERO DE ROBOTS

Robots

Un partido se juega con dos equipos, cada uno compuesto de no más de cinco robots, uno de las cuales deberá ser el portero. Cada robot debe ser claramente numerado de modo que el árbitro puede identificarlo durante el partido. El portero debe ser designado antes del comienzo del partido. Un partido no puede comenzar a menos que ambos equipos designen antes un portero.

Intercambio

Los robots pueden ser intercambiados. No hay límite en el número de intercambios.

Procedimiento de intercambio

Para el intercambio de un robot, las siguientes condiciones deben ser observadas:

- intercambio sólo puede hacerse durante una interrupción del juego.
- el árbitro ha sido informado antes de que el intercambio se haga.
- el robot de intercambio entra el campo de juego después de que el robot a sustituir ha sido eliminado.
- El robot intercambiado entra en el campo de juego en la línea del centro.

Cambiar el portero

Cualquiera de los otros robots pueden cambiar de lugar con el portero, siempre que:

- el árbitro esté informado antes de efectuarse la modificación.
- el cambio se realiza durante una interrupción en el partido.

Robots Expulsados

Un robot que ha sido expulsado se puede intercambiar por otro robot que sale del campo.

Las decisiones del Comité Técnico F180

Decisión 1

Cada equipo debe tener un único controlador de robot encargado de realizar el intercambio y del robot cuando sea necesario. No hay otros miembros del equipo que puedan invadir el área que rodean el campo. El movimiento de los robots por el controlador no está permitido.

2.4.- LEY 4 - EL EQUIPO DE ROBÓTICA

Seguridad

Un robot no debe tener nada en su construcción, que sea peligroso para sí mismo, otro robot o para los mismos seres humanos.

Forma

El robot debe entrar en un cilindro de 180mm de diámetro y tener una altura de 150mm o menor. Adicionalmente, la parte superior de robot debe aferrarse al tamaño y forma del Patrón Estándar como se describe más abajo en esta misma Ley.

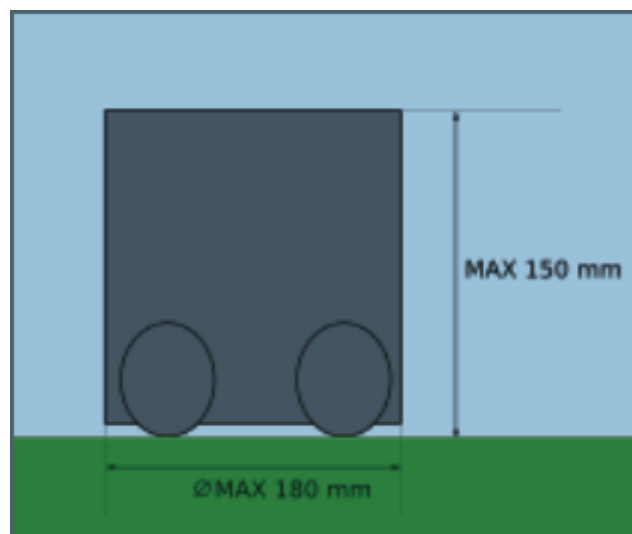


Figura 2.3. Dimensiones máximas robot.

Los colores y marcadores

Antes de que un partido, cada uno de los dos equipos tienen un color asignado, es decir, amarillo o azul. Cada equipo debe ser capaz de usar marcadores de color amarillo y azul. Marcas circulares del color asignado deben ser puestas en la parte superior de los robots. El centro de la marca debe estar ubicado en el centro visual del robot cuando se ve desde arriba. Los marcadores deben tener diámetro de 50 mm.

Los robots podrán utilizar colores en blanco y negro sin ninguna restricción. Los robots también pueden utilizar marcas de color verde claro, rosa y cian.

Locomoción

Las ruedas del Robot (u otras superficies que entren en contacto con la superficie de juego) deben ser hechas de un material que no dañe la superficie de juego.

Comunicación inalámbrica

Los robots pueden utilizar la comunicación inalámbrica con las computadoras o las redes situadas fuera del campo.

Color del equipo

Antes del partido, a cada uno de los dos equipos se le asignará un color, siendo amarillo o azul. Todos los equipos tienen que ser capaces de ser de color amarillo y azul. El color de equipo asignado es usado como la marca central de todos los robots del equipo. El layout detallado del marcador está descrito en la siguiente sección “Patrón Estándar”.

Patrón estándar

Todos los equipos participantes deben llevar la pegatina dada según los requerimientos de operación del sistema de visión compartida (ver Ley 1). En concreto, los equipos deben usar un determinado conjunto de colores y patrones estandarizados en la parte superior de su robot.

Para asegurar la compatibilidad con los patrones estandarizados del sistema compartido de visión, todos los equipos deben asegurarse de que todos sus robots tienen una superficie plana en su parte superior con espacio suficiente disponible. El color de la parte superior del robot será de color negro o gris oscuro y tener un acabado mate (no brillante) para reducir los deslumbramientos. El patrón estándar del SSL-Vision está garantizado para reconocer un círculo de 85mm de radio que cortará la parte frontal del robot a una distancia de 55mm desde el centro, como se muestra en la Figura 2.4. Los equipos deben asegurarse de que la parte superior de su robot cabe perfectamente en esta área.

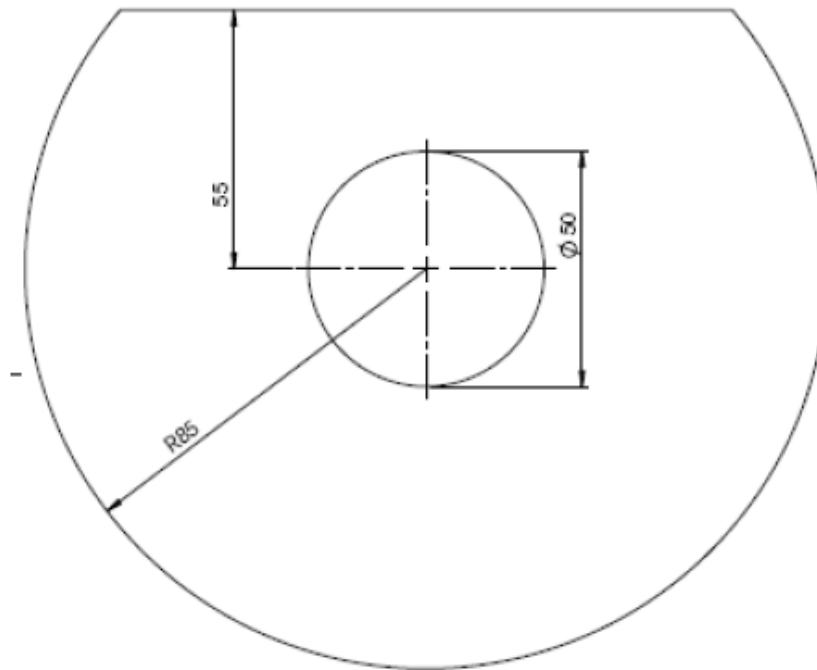


Figura 2.4. Área mínima superior del robot.

El patrón estándar que se usará por todos los equipos en el RoboCup 2010 se muestra en la Figura 2.5. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar el patrón en cualquier momento, si fuese necesario. Los equipos deben, por consiguiente, asegurarse de que todavía se mantiene conforme al tamaño de la parte superior del área estandarizado como se representa en la Figura 2.5.

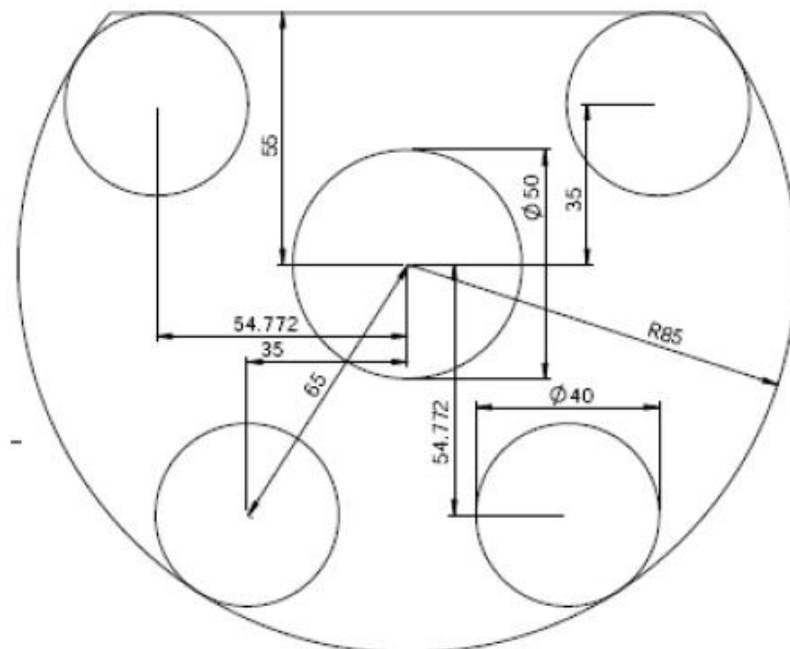


Figura 2.5. Patrón estándar para RoboCup 2010.

Cada robot debe utilizar el patrón estandarizado con una única combinación de colores seleccionada desde el conjunto estandarizado entre las posibles combinaciones de colores. No puede haber dos robots que usen la misma combinación de colores. El color del punto central determina el equipo y su color será o azul o amarillo.

El papel de colores estandarizado o cartulina con los colores requeridos será dado en la competición. El conjunto legal de asignaciones de colores se muestra en la Figura 2.6. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar esta asignación de colores en cualquier momento en caso de ser necesario.

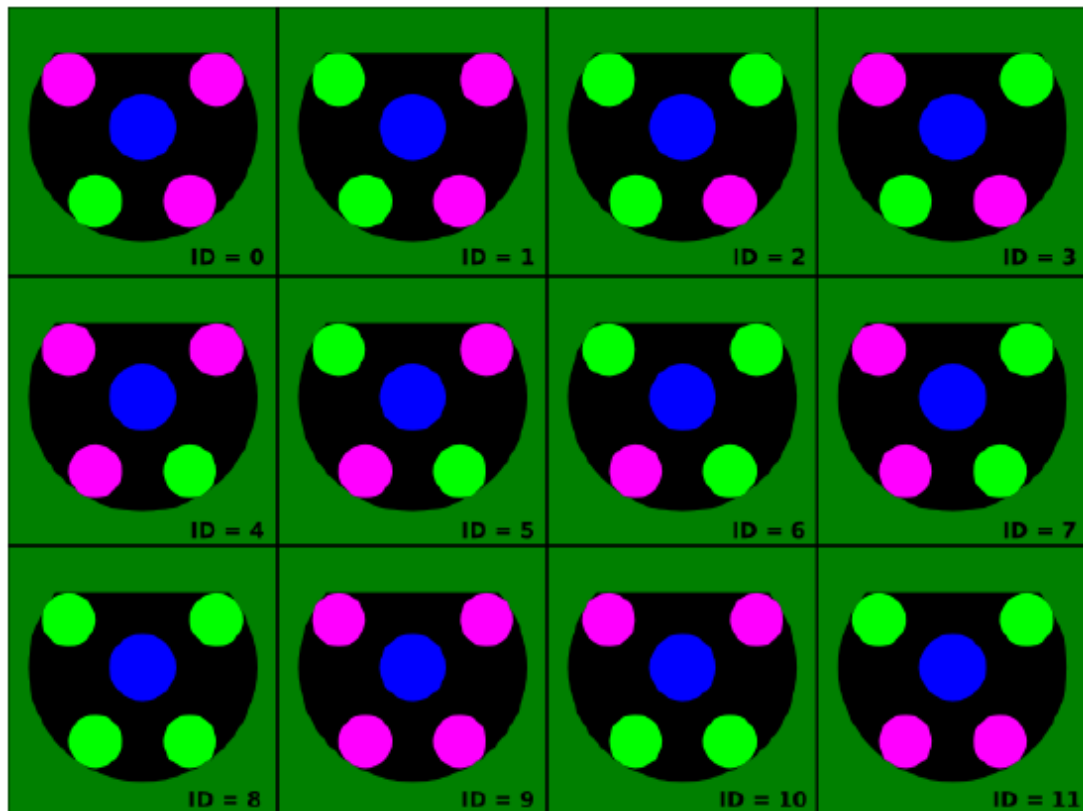


Figura 2.6. Asignaciones del color estándar para RoboCup 2010.

Se recomienda a los equipos seleccionar la asignación de colores con ID 0-7 ya que se ha comprobado experimentalmente que son más estables, así como que no hay riesgo de que los dos puntos de la parte trasera “se confundan” con los otros.

Visión Global del Sistema

El uso de un sistema de visión global o de sistemas externos de visión distribuidos son permitidas, pero no necesarias para identificar y rastrear la posición de los robots y la pelota. Esto se logra mediante el uso de una o más cámaras. Las cámaras no pueden sobresalir más de 150mm por debajo de la parte inferior del montaje suministrado por el campo. (Ley 1).

Autonomía

El equipo de robots será plenamente autónomo. Las operaciones humanas están permitidas, no se permite introducir información en el equipo durante un partido, excepto en el descanso o durante un tiempo de espera.

Regateo

Los dispositivos que ejercen activamente un movimiento en la bola, para mantener la bola en contacto con el robot, se permiten bajo ciertas condiciones. El giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo. No se permiten dispositivos verticales o parcialmente verticales para mantener la bola en contacto con el robot en los lados del mismo. El uso de dispositivos de regateo también está restringido por la Ley 12, libre indirecto.

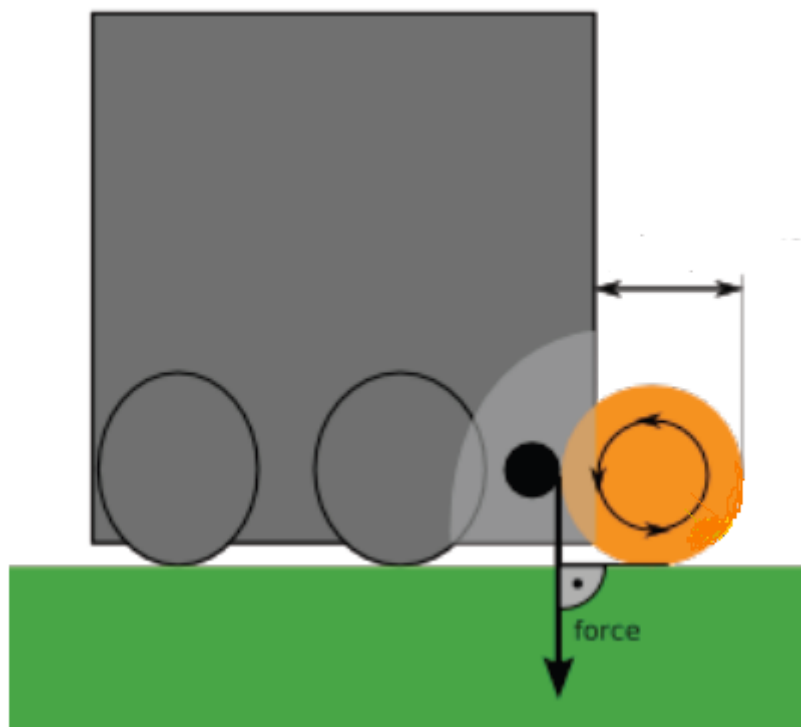


Figura 2.7. Sistema de regateo.

Infracciones / Sanciones

Para cualquier infracción de la presente Ley:

- el juego no necesita ser detenido.
- el robot infractor es instado por el árbitro a abandonar el terreno de juego para corregir su equipo.
- el robot deja el campo de juego cuando la pelota deja de estar en juego.
- ningún robot obligado a abandonar el terreno de juego para corregir su equipo no vuelve a entrar sin el permiso del árbitro.

- el árbitro comprueba que el equipo del robot es correcto antes de permitir que vuelva a entrar en el terreno de juego.
- al robot sólo se le permite volver a entrar en el terreno de juego cuando el balón está parado.
- un robot que ha sido obligado a abandonar el terreno de juego debido a una infracción de la presente ley y que entra (o vuelve a entrar) al terreno de juego sin el permiso del árbitro es amonestado y se le muestra la tarjeta amarilla.

Reanudación del juego

Si el juego es detenido por el árbitro debido a que se hace necesario toma alguna precaución:

- el partido se reanudará con un tiro libre indirecto a lanzar por un robot de la parte contraria, desde el lugar donde se encontraba el balón cuando el árbitro detuvo el partido.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Los participantes que utilizan las comunicaciones inalámbricas notificarán al comité organizador local el método de comunicación inalámbrica, potencia y frecuencia. El comité organizador local será notificado de cualquier cambio después de la inscripción tan pronto como sea posible.

Con el fin de evitar la interferencia, un equipo debe ser capaz de seleccionar entre dos frecuencias portadoras antes del partido. El tipo de comunicación inalámbrica se ajustará a las normas legales del país donde se celebre la competición. El cumplimiento de las leyes locales es responsabilidad de los equipos que compiten, no de la Federación RoboCup. El tipo de comunicación inalámbrica puede también ser restringido por el comité organizador local. El comité de organización local dará a conocer cualquier restricción a la comunidad lo antes posible.

Decisión 2

- No permitir los dispositivos está permitido.

Decisión 3

Puntas de metal y Velcro está específicamente prohibido con el propósito de la locomoción.

Decisión 4

La comunicación inalámbrica Bluetooth no está permitida.

Decisión 5

Los colores oficiales serán proporcionados por el comité organizador. Los equipos deben usar los colores oficiales a menos que ambos equipos no estén de acuerdo.

Decisión 6

Adhesivos, como pegamento o cinta no puede ser utilizado con fines de control del balón o para construir dribladores (sistemas de regateo). El uso de dispositivos que utilizan por ejemplo un adhesivo para adherir la pelota a un robot se consideran una violación de la Regla 12, Decisión 4, por "la eliminación de todos los grados de libertad de la pelota". Además, el uso de adhesivos para cualquier propósito en el robot que provoque residuos sobre el balón o el campo, se considera como daño y son sancionados según la Ley 12.

Decisión 7

Un chequeo de las normas se realiza en todos los robots en la competición antes del primer partido. Si algún componente de cualquier robot se considera que infringe una norma debe ser modificado para ser compatible antes de que pueda participar en los partidos.

2.5.- LEY 5 - EL ÁRBITRO

La autoridad del árbitro

Cada partido es controlado por un árbitro que tiene plena autoridad para hacer cumplir las Reglas de Juego en relación con el partido para el que ha sido nombrado.

Atribuciones y Deberes

El árbitro:

- Hace cumplir las Leyes del Juego y controla el partido en cooperación con los árbitros asistentes.
- Se asegura de que cualquier pelota utilizada cumpla los requisitos de la Ley 2.
- Asegura que el equipo de robótica cumple con los requisitos de la Ley 4
- Informa a los árbitros asistentes de cuando comienzan y terminan los períodos de tiempo, de conformidad con la Ley 7.
- Se detiene, suspende o termina el partido, a su discreción, por cualquier infracción de las leyes.
- Se detiene, suspende o termina el partido debido a interferencias externas de cualquier clase.
- Se detiene el partido si, en su opinión, un robot es probable que cause daños graves a los seres humanos, otros robots o a sí mismo y asegura que se retira del terreno de juego.

- Colocar la bola en una posición neutral, si se queda atrapada durante el juego.
- Permite que el juego continúe si el equipo contra el que se ha cometido una falta se beneficia de tal ventaja y penaliza la falta original si no se produce dicha ventaja en ese momento.
- Castiga con la pena máxima cuando un robot comete más de una falta en el mismo tiempo.
- Toma medidas disciplinarias contra los robots infractores y puede expulsarlos. No está obligado a tomar esta medida inmediatamente, pero debe hacerlo cuando la pelota sale del terreno de juego.
- Toma medidas contra los responsables del equipo que no se comporten de una manera responsable puede a su discreción, expulsarlos del terreno de juego y sus alrededores inmediatos.
- Actúa con el asesoramiento de los árbitros asistentes en relación con incidentes que no ha visto
- Garantiza que ninguna persona no autorizada invada el terreno de juego.
- Reanudará el partido después de haber sido detenido.
- Proporciona al comité técnico de un informe del partido que incluye información sobre cualquier acción disciplinaria tomada contra los equipos y cualquier otro incidente ocurrido antes, durante o después del partido.
- Compruebe el estado del sistema de visión compartida con el/los experto(s) en visión (ver Apéndice B) antes de cada partido.
- Consiga confirmación del Experto(s) en visión de que ambos equipos reciben los datos de localización del sistema compartido de visión correcta y exactamente.
- Para el juego cuando el/los Experto(s) en visión lo digan durante un partido y deje que el/los Experto(s) en visión diagnostiquen y arreglen el problema. Si el/los Experto(s) en visión confirman que el problema está resuelto entonces el juego será reanudado inmediatamente.

Decisiones del árbitro

Las decisiones del árbitro sobre hechos relacionados con el partido son determinantes. El árbitro sólo puede cambiar una decisión al darse cuenta de que es incorrecta o, a su discreción, debido al consejo de un árbitro asistente, siempre que no haya reanudado el juego.

Equipo de señalización del Árbitro

El dispositivo necesario se suministra para convertir las señales del árbitro en serie y Ethernet. Las señales de comunicación se transmiten a ambos equipos. Los equipos serán operados por el árbitro asistente. Los detalles del equipamiento serán suministrados por la organización local de Comité antes de la competición.

Señales del Árbitro

Durante un partido, el árbitro de la señal de inicio y fin del juego en la forma habitual. El árbitro asistente enviará señales que reflejarán las decisiones del árbitro a cada uno

de los equipos. Ninguna interpretación de las señales del árbitro por los operadores humanos está permitida.

La señal del silbato indica que el árbitro ha parado el juego, y que todos los robots deben separarse 500mm de la pelota para que el árbitro pueda colocar el balón para reiniciar el sistema. Todos los robots tienen la obligación de 500mm de la bola mientras esta se mueve a la posición de reiniciar.

Cuando se produce un gol (Ley 10), o una precaución o se produce una salida de la pelota del campo de juego (Ley 12), una señal de información es enviada a los equipos para indicar la decisión del árbitro.

El tipo de señal de reinicio indicará el tipo de reinicio.

Los robots deben moverse a posiciones legales a la recepción de esta señal. Para reiniciar otras acciones que no sean un saque inicial (Ley 8) o un penalti (Ley 14), el robot que saque puede patear el balón cuando esté listo, sin esperar más señales del árbitro.

Para un saque inicial (Ley 8), o un penalti (Ley 14), una señal de arranque será enviada para indicar que el Robot que lance puede proceder. Esta señal será distinta a otros tipos de señales de reinicio del juego.

Señales que indiquen los períodos de tiempo de espera y el tiempo perdido también se enviará cuando sea necesario.

Se considerará que el árbitro ha dado una señal cuando el árbitro asistente envíe esta señal a los equipos mediante las comunicaciones.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El árbitro (o en su caso, un árbitro asistente) no es responsable de:

- cualquier tipo de perjuicio sufrido por un componente del equipo o un espectador
- cualquier daño a la propiedad de cualquier tipo.
- cualquier otra pérdida sufrida por cualquier persona, club, empresa, asociación u otro organismo, que es debido o que puede ser debido a cualquier decisión que se tome en virtud de los términos de las leyes del juego o en el caso de los procedimientos normales requeridos para conservar, reproducir y controlar un partido.
- Esto puede incluir:
- La decisión de que la condición del terreno de juego o sus alrededores son tales como para permitir o no a la permitir que un partido que tenga lugar.
- la decisión de abandonar un partido por cualquier razón.

- una decisión en cuanto a la condición de los accesorios o equipos utilizados durante un partido como el campo y la pelota.
- la decisión de detener o no detener a un partido debido a la interferencia del espectador o cualquier problema en el área de los espectadores.
- la decisión de detener o no detener el juego para permitir que un robot dañado pueda ser eliminado del campo de la jugar para su reparación.
- la decisión de solicitar o insistir en que un robot dañado se retire del terreno de juego para su reparación.
- la decisión de permitir o no permitir a un robot ciertos colores.
- La decisión (en la medida en que esta puede ser su responsabilidad) para permitir o no permitir a las personas (incluyendo el equipo o funcionarios del estadio, oficiales de seguridad, fotógrafos u otros medios, representantes, etc.) para estar presentes en las inmediaciones del campo de juego
- de cualquier otra decisión que pueda tomar de acuerdo con las Reglas de Juego o de conformidad con sus obligaciones bajo los términos de la Federación RoboCup o las normas o regulaciones bajo las cuales se juega el partido.

Decisión 2

Los hechos relacionados con el partido serán incluidos tanto si se marca un gol o no, así como el resultado del encuentro.

Decisión 3

El árbitro debe usar un bastón negro, o algún otro dispositivo al reposicionamiento de la bola para reducir el riesgo de interferencias con los sistemas de visión.

Decisión 4

El árbitro podrá ser asistido por árbitros autónomos proporcionados por uno o ambos de los equipos que compiten, si ambos equipos están de acuerdo.

La región externa de la superficie del campo que es más allá de 250mm de distancia de la línea divisoria es utilizada como zona de paseo designado por el árbitro y/o el árbitro asistente durante el juego.

Los equipos deben controlar a sus robots para permanecer fuera de esta zona para no interferir con los árbitros.

Los árbitros no son responsables de cualquier obstrucción a los robots o sistemas de visión dentro de esta área.

Sin embargo, los árbitros deberán llevar ropa y zapatos que no contienen ningún color reservado para la bola o los marcadores de los robots.

2.6.- LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE

Deberes

El árbitro asistente nombrado, con sujeción a la decisión del árbitro, tiene las siguientes obligaciones:

- actuar como cronometrador y llevar un registro del partido.
- operar el equipo de comunicaciones para transmitir las señales del árbitro sobre los enlaces de comunicaciones.
- supervisar a los operadores de robots para evitar que señales ilegales sean enviadas a los robots.
- indicar cuándo se solicita un intercambio.
- indicar cuando una mala conducta o cualquier otro incidente se ha producido fuera de la vista del árbitro.
- indicar cuándo se comete una si los asistentes se acercan más a la acción que el árbitro (esto incluye, en determinadas circunstancias, las faltas cometidas en la defensa del área)
- indicar si, en los penaltis, el guardameta se ha movido hacia delante antes de que el balón ha sido golpeado y si el balón ha cruzado la línea de meta.

Asistencia

Los árbitros asistentes también ayudan al árbitro a controlar el partido, de conformidad con las Leyes de del juego. En el caso de una interferencia indebida o conducta incorrecta, el árbitro dará liberar a un árbitro asistente de sus funciones y para un informe para comité organizador.

Decisión 1

Un segundo árbitro asistente se utilizará siempre que sea posible. El árbitro asistente de segunda ayuda al árbitro en la colocación del balón en el campo, así como ayuda a vigilar el cumplimiento de todas las leyes y procedimientos.

2.7.- LEY 7 - LA DURACIÓN DEL PARTIDO

Períodos de juego

El partido tiene dos periodos iguales de 10 minutos, salvo mutuo acuerdo el árbitro y los dos equipos. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de juego (por ejemplo, para reducir cada mitad a 7 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes el inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Intermedio

Los equipos tienen derecho a un intermedio a mitad del tiempo medio de un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Las normas de competencia deben indicar la duración del intermedio o descanso. La duración del descanso puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

A cada equipo se le otorga cuatro tiempos de espera al comienzo del partido. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. Por ejemplo, un equipo puede tomar tres tiempos de espera de un minuto de duración y, posteriormente, sólo tienen un tiempo de espera de hasta dos minutos de duración. Los tiempos de espera sólo pueden ser consumidos durante una interrupción del juego. El tiempo es controlado y registrado por el árbitro asistente.

Indemnización por el tiempo perdido

Se tiene en cuenta cualquier período de tiempo perdido para todos a través de: evaluación de los daños a los robots, tla eliminación de los robots dañados en el terreno de juego y cualquier otra causa que suponga la pérdida de tiempo. La indemnización por el tiempo perdido es a discreción del árbitro.

Tiempo Extra

Las normas de competencia podrán prever dos tiempos suplementarios iguales a jugar. Las condiciones de la Ley 8 serán aplicadas.

Abandonar el partido

Un partido abandonado se repite a menos que las normas de competencia dispongan otra cosa.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local hará todo lo posible para proporcionar acceso a los equipos de la competición al menos dos horas antes del inicio de la competición. También se esforzará por permitir al menos una hora de tiempo de configuración antes de cada partido. Los participantes deben ser conscientes, sin embargo, que puede ocurrir que este tiempo no se pueda proporcionar.

Decisión 2

Dentro de estas reglas, el término "interrupción del juego" se usa para describir los momentos en que el modo de juego se encuentra en un estado detenido. El juego no se considera parado si los robots se detienen cuando se les permite golpear la pelota.

2.8.- LEY 8 - INICIO Y REANUDACIÓN DEL JUEGO

Preliminares

Si ambos equipos tienen una frecuencia preferida común para las comunicaciones inalámbricas, el comité organizador local asignará la frecuencia para la primera mitad del partido. Si ambos equipos tienen un color preferido común, el comité organizador local asignará el color de la primera la mitad del partido.

Se lanza una moneda y el equipo que gane el sorteo decidirá qué meta atacará en la primera la mitad del partido.

El otro equipo toma realiza el saque para comenzar el partido.

El equipo que gane el sorteo tiene el saque inicial para comenzar la segunda mitad del partido.

En la segunda mitad del partido, los equipos cambian de campo.

Si los equipos no están de acuerdo para cambiar campos, pueden permanecer en los mismos que el primer tiempo con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una frecuencia común predefinida para las comunicaciones inalámbricas, los equipos deberían cambiar la asignación de esa frecuencia para la segunda mitad del partido. Los equipos pueden acordar no cambiar la asignación de la frecuencia predefinida para la segunda mitad del encuentro con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una marca común de color preferido, los equipos deben cambiar los colores de marcado en la segunda mitad del partido. Si lo equipos no están de acuerdo para cambiar la marca de colores, no la cambiarán el consentimiento del árbitro.

Saque desde el centro del campo

Un saque desde el centro del campo es una forma de iniciar o reiniciar el juego:

- en el inicio del partido.
- después de que un gol haya sido anotado.
- al comienzo de la segunda mitad del partido.
- al comienzo de cada período de tiempo adicional, cuando proceda.

Un gol puede ser anotado directamente desde el saque inicial.

Procedimiento

- todos los robots se encuentran en su propia mitad del campo.
- los oponentes del equipo que toman el pistoletazo de salida están por lo menos a 500mm de la bola hasta que el balón esta en el juego.

- el balón está parado en el centro del campo hasta que el árbitro da la señal de saque.
- la pelota está en juego cuando es pateado y se mueve hacia delante.
- el lazador no podrá toca el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.

Después de que un equipo anota un gol, el pistoletazo de salida es tomado por el otro equipo.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de los saques de salida el procedimiento será:

- el pistoletazo de salida se repite.

Situando la pelota

Es necesario colocar la pelota, por parte del árbitro, tras un paro temporal para reanudar el partido, mientras la bola está en juego, por cualquier razón no mencionada en otras partes de las leyes del juego.

Procedimiento

Es necesario colocar la pelota, por parte del árbitro, tras un paro temporal para reanudar el partido, mientras la bola está en juego, por cualquier razón no mencionada en otras partes de las leyes del juego.

Infracciones / Sanciones

La pelota se coloca de nuevo:

- si un robot está a menos de 500 mm de la pelota antes de que el árbitro de la señal.

Circunstancias especiales

Un tiro libre concedido al equipo defensor dentro de su propia área de defensa se realiza desde la posición de tiro cercana a donde se produjo la infracción, elegida por el propio equipo.

Un tiro libre concedido al equipo atacante en el área de defensa de sus oponentes es lazado desde la posición legal predefinida de tiro libre más cercana al lugar donde se produjo la infracción.

Una pelota que esté en condiciones de reiniciar el partido después de que la jugada ha sido detenida temporalmente en el interior de la zona defensiva se coloca sobre la posición legal de tiro libre más cercana a donde se encontraba el balón cuando la jugada se detuvo.

2.9.- LEY 9 - EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO

Balón parado

La pelota está parada cuando:

- ha cruzado los límites del campo sea por el suelo o por el aire.
- el juego ha sido detenido por una señal del árbitro.

Cuando la bola sale fuera de juego, los robots deben seguir estando a 500 mm de la bola mientras ésta se coloca, hasta que la señal de reinicio es dada por el árbitro.

Balón en juego

La pelota está en juego en cualquier otro momento.

Infracciones / Sanciones

Si, en el momento en que el balón entra en juego, un miembro del equipo que saca esta a una distancia inferior de 200mm de la zona de defensa del oponente:

- si un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario, el tiro se lanzará desde la ubicación en la que se encontraba la pelota cuando se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador toca el balón por segunda vez antes de que lo haya tocado a otro robot:

- se concede tiro libre indirecto al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador deliberadamente sostiene el balón antes de que lo haya tocado otro robot:

- un tiro libre directo es concedido al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de darse una señal para reiniciar el juego, el balón no entra en juego en 10 segundos, o la falta de progreso indica claramente que la pelota no entrará en juego en 10 segundos:

- el juego se detiene por una señal del árbitro,
- todos los robots tienen que moverse a 500mm de la pelota, y
- se indica un saque neutral.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Para todos los reinicios en que las leyes establecen que la pelota está en juego bien sea golpeándola o regateando, los robots deben claramente hacer lo posible para que ésta se mueva. Se entiende que la pelota puede permanecer en contacto con el robot o ser golpeado por el robot varias veces a corta distancia, pero bajo ninguna circunstancia el

robot mantendrá el contacto o se mantendrá tocando la pelota después de haber recorrido una distancia de 50mm, a menos que el balón haya tocado antes a otro robot. Los robots pueden utilizar los dispositivos de regateo y patada en los saques de las faltas.

Decisión 2

La zona de exclusión de 200mm de la zona de la defensa del oponente se designa para permitir a la defensa de los equipos tomar una posición defensiva contra un lanzamiento sin la interferencia de los oponentes. Este cambio se ha añadido para ayudar a los equipos de defensa contra saques de esquina en los que los equipos usan un “saque-elevado” y la pelota pasa directamente a la zona de defensa.

2.10.- LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO

Puntuación de Gol

Se marca un gol cuando el conjunto de la pelota pasa por encima de la línea de meta, entre las paredes de meta o por debajo del travesaño, sin que se haya cometido una infracción de las reglas de juego con anterioridad por parte del equipo que anotar el gol.

Equipo ganador

El equipo que anota el mayor número de goles durante un partido es el ganador. Si los dos equipos marcan un número igual de goles, o si no marcó ningún gol, el partido se da como empatado.

Las normas de competencia

Para los partidos que terminan en un empate, las normas de competencia podrán estipular un tiempo suplementario, u otro método aprobado por la Federación RoboCup para determinar el ganador del partido.

2.11.- LEY 11 - FUERA DE JUEGO

La regla del fuera de juego no se usa en esta competición.

2.12.- LEY 12 - FALTAS Y CONDUCTA ANTIDeportiva

Las faltas y la conducta antideportiva se sancionan como sigue:

Tiro libre directo

Un tiro libre directo es concedido al equipo adversario si un robot comete cualquiera de los siguientes cuatro infracciones:

- hacer contacto sustancial con un oponente.
- retener un oponente.
- sostener el balón deliberadamente (excepto para el guardameta dentro de su ámbito de la defensa propia).
- es el segundo robot de la defensa y a la vez ocupa el área de la defensa del equipo de tal forma de afectar sustancialmente el juego.

Un tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Tiro de Penalti

Un tiro de penalti se otorga si alguna de las anteriores cuatro infracciones es cometida por un robot dentro del área de defensa propia, independientemente de la posición de la pelota, siempre y cuando ésta esté en juego.

Tiros libres indirectos

Un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario si el guardameta, dentro de su propia área defensiva, comete cualquiera de las siguientes infracciones:

- Transcurren más de quince segundos mientras sostiene la pelota antes de liberarla de su posesión.
- tiene el balón de nuevo después de haber sido liberado de su posesión y no lo ha tocado otro robot.

Un tiro libre indirecto además es concedido al equipo adversario si un robot:

- entra en contacto con el portero y el punto de contacto está en el área de defensa.
- conduce el balón a una distancia superior a 500mm
- tocó la pelota de tal manera que la parte superior de la bola alcanza una altura superior a 150mm respecto del suelo y el balón entra en la meta de su oponente, salvo que haya sido tocado previamente por un compañero de equipo, o que manteniéndose en contacto con el suelo alcance dicha altura y entre en la meta de su oponente debido a un rebote.
- patea la pelota de tal manera que supera los 10 m /s de velocidad.
- comete cualquier otra infracción, que no se haya mencionado anteriormente en la Ley 12, por la que se interrumpirá el juego por precaución o para expulsar al robot.

El tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Sanciones disciplinarias

Un equipo será amonestado y recibirá la tarjeta amarilla si un robot del comete cualquiera de las siguientes infracciones:

1. es culpable de conducta antideportiva.
2. es culpable de graves y violentos contactos.
3. infringe persistentemente las Reglas de Juego.



4. retrasa la reanudación del juego.
5. no respetar la distancia reglamentaria cuando el juego se reanudará con un saque de meta, saque de esquina o tiro libre.
6. modifica o provoca daños en el campo o pelota.
7. deliberadamente entren o se desplacen dentro de la zona de tránsito del árbitro.

Al recibir una tarjeta amarilla, un robot del equipo penalizado debe mover inmediatamente fuera y ser removido del campo. Después de dos minutos de juego (según lo medido por el árbitro asistente utilizando el tiempo de juego oficial) el robot puede entrar de nuevo en el campo en la próxima parada del juego.

Expulsión de sancionados

Un equipo recibe la tarjeta roja si uno de los robots o el equipo es culpable de un comportamiento antideportivo grave. El número de robots en el equipo se reduce en uno después de cada tarjeta roja.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Contacto importante es el contacto suficiente para desalojar al robot de su orientación actual, posición o movimiento en el caso de que se esté moviendo. Cuando los dos robots se mueven a velocidades similares, y la causa de contacto no es evidente, el árbitro permitirá que el juego continúe. Esta ley está diseñada para proteger a los robots que son lentos o permanecen estacionarios en el momento del contacto, y por tanto deben ser detectados por los sistemas de evasión de obstáculos.

Decisión 2

Las precauciones para evitar contactos graves y violentos son una manera de desalentar a los equipos al ignorar el espíritu del principio de no contacto. Como ejemplos de infracciones amonestables se incluyen el movimiento incontrolado, las malas evasiones de obstáculos, empujar o girar rápidamente mientras se está junto a un oponente. En un escenario típico, el árbitro podrá advertir al equipo, y se espera que se modifique su sistema a fin de reducir la violencia de su juego. Si el árbitro aún no está satisfecho, dictará una amonestación.

Decisión 3

Un robot que se coloca en el campo, pero claramente no es capaz de moverse, será sancionado por conducta antideportiva.

Decisión 4

Un robot está reteniendo el balón si toma el control total del balón mediante la eliminación de todos sus grados de libertad, por lo general, la fijación de un balón en el cuerpo o rodear un balón con el cuerpo para prevenir el acceso de otros. El 80% de la superficie de la bola cuando se ven desde arriba debe estar fuera de la parte convexa que rodea el robot. Otro robot debe ser capaz de quitar el balón a otro robot que posee la

pelota. Esta limitación se aplica también a todos los dispositivos de regateo y patada, incluso si tal infracción es momentánea.

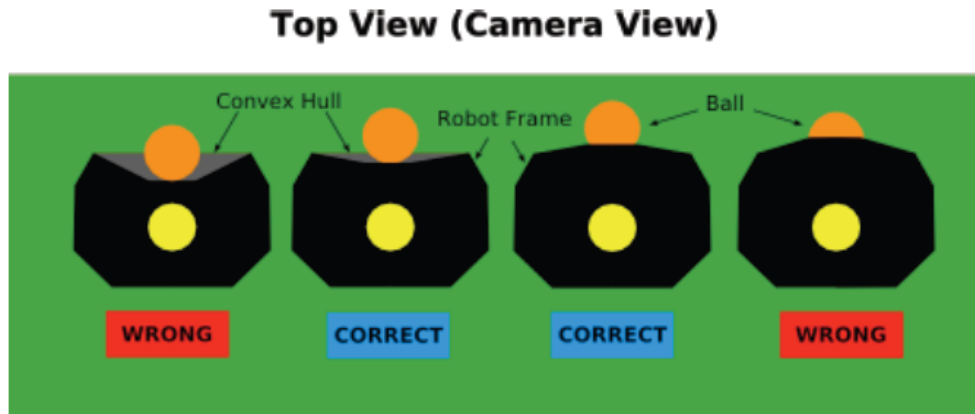


Figura 2.8. Cómo se debe coger la pelota.

Decisión 5

Un robot comienza el regateo cuando tiene contacto con el balón y se detiene el regateo cuando hay una separación observable entre la pelota y el robot.

La restricción de la distancia en el regateo se añadió para evitar que un robot con una mecánica superior pudiera tener un indiscutible control de la pelota en el ataque. La restricción de la distancia, no obstante, permite a los atacantes dar y recibir pases, girar con el balón, y detenerse con la pelota. Los sistemas de regateo se pueden utilizar para regatear a grandes distancias con el balón, siempre y cuando el robot pierda periódicamente la posesión, tales pérdidas pueden ser patear la pelota delante de él como hacen a menudo los jugadores de fútbol humano comité técnico espera que la regla de distancia sea auto-forzada, es decir, que los equipos dispongan de un software que la cumpla con antelación, y se les pueda pedir una demostración previa a una competición.

Los árbitros, sin embargo, podrán seguir señalando faltas y pueden señalar amonestaciones (tarjeta amarilla) por situaciones de violación sistemática de dicha regla.

Decisión 6

La limitación de velocidad de disparo de la pelota ha sido añadido para prevenir que un robot con un disparo mecánicamente superior tenga demasiada ventaja sobre sus oponentes, o patear la pelota a una velocidad no apta para los espectadores. También se cree que esto ayudará a fomentar el juego en equipo sobre la capacidad de solo robot.

Decisión 7

La norma sobre la subida al marcador cuando el lanzamiento ha sido producido mediante un tiro parabólico o “picado de la pelota”. Esta norma se redacta debido a que en las competiciones anteriores hubo algunas confusiones que se produjeron después de

que los robots pican la pelota y se produjeran goles en propia puerta. Por esta razón, una interpretación estricta de esta regla, es dada aquí:

- Si un robot lanza la pelota picada (no importa a qué altura se desplaza) a un compañero de equipo y la bola posteriormente, entra en propia meta, el tanto se dará como válido para el equipo oponente.
- Si un robot pica pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en la propia meta, después de permanecer por debajo de 150mm de altura todo el tiempo después haber tocado al robot oponente, el equipo oponente también obtiene un tanto.
- Si un robot pica la pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en propia meta después de haber estado por encima de 150mm durante algún tiempo (y no habiendo estado en contacto permanente con el suelo después), después de tocar al robot oponente, el equipo oponente no puntúa.

Decisión 8

La infracción cometida al entrar deliberadamente en la zona de tránsito del árbitro fue añadido para desalentar a los equipos de la conducción de vehículos por esta zona para obtener ventajas tácticas. En particular, debe prevenir que los equipos exploten el hecho de que otros equipos no podrían tener cobertura de visión del árbitro caminando por dicha área. Se entiende que en ocasiones un robot puede entrar en la zona si está fuera de control, o si ha sido empujado a esta área. Estos casos no deben ser considerados infracciones. Sin embargo, la decisión final en cuanto a lo que constituye una violación deliberada del reglamento se deja al árbitro.

2.13.- LEY 13 - TIROS LIBRES

Tipos de Tiros Libres

Serán directos o indirectos.

Tanto en los directos como en los indirectos, la bola debe ser parada cuando se comete la falta y el lanzador no puede tocar el balón por segunda vez hasta que lo haya tocado otro robot.

El tiro libre directo

- si un tiro libre entra directamente en la meta del oponente, se concede un gol.
- si un tiro libre entra directamente a gol en propia meta, se concede un gol al equipo oponente.

El tiro libre indirecto

El balón entra en la meta

Se concede un gol solamente si el balón toca posteriormente a otro robot antes de que entre el balón en la portería.

- si un tiro libre indirecto entra directamente en la meta del oponente, se concede un saque de puerta.
- si un tiro libre indirecto entra directamente en la propia meta del equipo, se concede un saque de esquina al equipo contrario.

Procedimiento para los tiros libres

Si el tiro libre se concede dentro del área de defensa, el tiro libre se lanza desde un punto a 600mm de la línea de gol y a 100mm desde la línea de contacto más cercana a donde se produjo la infracción.

Si el tiro libre es concedido al equipo atacante a 700mm de la zona de defensa, la pelota está se traslada al punto más cercano a 700mm desde el área de defensa.

Por el contrario, el tiro libre se lanza desde el lugar donde se produjo la infracción.

Todos los robots oponentes se colocarán a una distancia mínima de 500mm de la pelota.

La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Si, cuando se lanza un tiro libre, el oponente más cercano a la bola no se encuentra a la distancia requerida:

- el tiro se repetirá

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- el tiro se repetirá.

2.14.- LEY 14 - EL TIRO DE PENALTI

Un tiro de penalti se otorga contra un equipo que cometa una de las cinco infracciones por las que se concede un tiro libre directo, dentro de su área de defensa y mientras la bola está en juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un tiro de penalti.

El tiempo adicional permitido para un tiro de penalti se añadirá al final de cada mitad o al final de los períodos de tiempo extra

Posición de la bola y los Robots

El balón:

- se coloca en el punto de penalti.

El robot de lanza el penalti:

- está debidamente identificado

El guardameta defensor:

- se mantiene entre los postes de la portería, toca la línea de meta, y la cara externa de la meta, hasta que el balón ha sido pateado. Se le permite el movimiento antes de que el balón haya sido golpeado, siempre y cuando no se infrinja alguna de estas restricciones.

Los robots que no sean los lanzadores se encuentran:

- dentro del campo de juego.
- detrás de una línea paralela a la línea de gol y a 400mm detrás del punto penalti.

El árbitro

- no da la señal de lanzamiento de penalti hasta que los robots han tomado posición de conformidad con la Ley.
- decide cuando un tiro penal se ha completado.

Procedimiento

- el robot que lanza el penalti, golpea la pelota hacia delante.
- no toca el balón por segunda vez hasta que haya sido tocado por otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve hacia delante.

Cuando un tiro de penalti se lanza durante el curso normal del juego, o el tiempo se ha ampliado en la primera mitad o al final del partido para permitir que un lanzamiento de penalti sea lanzado. Se concede un gol si entra directamente o si antes de que el balón pase entre los postes y por debajo del travesaño:

- la pelota toca uno o ambos postes de la portería y/o el travesaño, y/o el portero.

Infracciones / Sanciones

Si el árbitro da la señal de un tiro de penalti y, antes de que el balón esté en juego, se produce una de las siguientes situaciones:

El robot que lanza el penalti infringe las Reglas del Juego:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.

El guardameta infringe las Reglas de Juego:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- si el balón no entra en la meta, se repetirá el tiro.

Un compañero del robot que lanza, penetra en el área de los 400mm detrás del punto de penalti:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.
- si el balón rebota en el guardameta, el travesaño o el poste de la meta y es tocado por el presente robot, el árbitro interrumpirá el juego y reanudará el partido con un tiro libre indirecto a favor del equipo que defiende.

Un compañero del guardameta penetra en la zona de los 400mm detrás del punto de penalti:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- si el balón no entra en la meta, se repetirá el lanzamiento.

Un robot de ambos equipos, de la defensa y el equipo atacante, infringen las Reglas de Juego:

- el tiro se repetirá.

Si, tras el cumplimiento de la pena:

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

El balón es tocado por un agente externo, y se mueve hacia delante:

- el tiro se repetirá.

El balón rebota en el terreno de juego tras tocar al guardameta, el travesaño o los postes, y es entonces tocado por un agente externo:

- el árbitro detiene el juego.
- juego se reanudará con un toque neutral en el lugar donde la pelota tocó al agente externo (véase la Ley 13).

2.15.- LEY 15 - EL SAQUE DE BANDA

Un saque de banda, es un método de reinicio el juego.

Un gol no puede ser marcado directamente desde un saque de banda.

Un saque de banda se concede:

- cuando la totalidad de la pelota pasa por encima del límite de contacto (línea de banda), ya sea por tierra o por aire.
- desde el punto, a 100mm, perpendicular al la línea de banda donde la pelota cruzó el límite.
- a los opositores del último robot que toca el balón.

Procedimiento

- El árbitro pone el balón en la posición designada.
- Todos los robots oponentes se distancian por lo menos 500mm de la pelota.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Si, cuando un saque de banda se realiza, un oponente está más cercano a la bola de la distancia requerida:

- el saque de banda se repetirá.

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción:

- el tiro se repetirá.

2.16.- LEY 16 - EL SAQUE DE PUERTA

Un saque de puerta es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente por un saque de puerta, pero sólo si entra en la portería contraria.

Un saque de puerta es otorgado cuando:

- la totalidad de la pelota, después de haber sido tocada por un robot del equipo atacante, pasa por encima de la línea de límite de gol ya sea por tierra o aire, y no se concede un tanto de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- la pelota es pateada desde el punto a 500mm de la línea de gol y 100mm de la línea de banda más cercano a donde la pelota pasó por la línea de gol.
- los opositores siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- el lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.

- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia
Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- el tiro se repetirá.

2.17.- LEY 17 - EL SAQUE DE ESQUINA

Un saque de esquina es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un saque de esquina, pero solamente contra el equipo contrario.

Un saque de esquina se concede cuando:

- la totalidad de la pelota, después de haber tocado un robot del equipo defensor, pasa por encima de la línea de gol, ya sea por tierra o aire, y no se concede un gol de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- la pelota es golpeada desde la esquina más cercana, a 100mm en la línea de gol y de la línea de banda.
- los contrarios siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- el lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción:

- el tiro se repetirá.

2.18.- APÉNDICE A - REGLAS DE COMPETENCIA

Este apéndice describe los procedimientos adicionales para la Small Size League.

Tiempo Extra

Si el resultado del partido es de empate después del final del segundo período y el partido necesita terminar con un claro ganador, se jugará un tiempo extra (como se indica en las leyes 7 y 10). Antes de la primera mitad del tiempo extra, habrá un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Períodos de juego durante el tiempo extra

El tiempo extra dura dos períodos iguales de 5 minutos, salvo mutuo acuerdo entre el árbitro y los dos equipos participantes. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de tiempo extra (por ejemplo, para reducir cada mitad a 3 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes del inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Descanso

Los equipos tienen derecho a un descanso en el intervalo entre las dos mitades del tiempo extra. El plazo de tiempo no debe exceder de 2 minutos.

La duración del descanso en dicho intervalo de tiempo puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

Cada equipo tiene asignado dos tiempos de espera en el comienzo del tiempo extra. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. El número de tiempos de espera y el tiempo, no utilizados en el juego regular, no se agregan. Los tiempos de espera en el tiempo extra siguen las mismas reglas que en el juego regular (indicado en la ley 7).

Tanda de penaltis

Si el partido termina en empate después del final de la segunda parte de la prórroga, el resultado final se decidirá en los penaltis.

Preparación

Antes del inicio de los penaltis, habrá un intervalo que no deberá exceder de 2 minutos. Este tiempo, se designa para ser utilizado por los equipos en el diálogo con el árbitro y sus asistentes para comprobar que la posición del portero es correcta (en la línea) y que todas las demás normas se cumplen como se indica en la ley 14. El árbitro determina (por ejemplo, lanzando una moneda), qué equipo defiende la portería, así como qué equipo tiene que lanzar el primer penalti.



Procedimiento

Durante los tiros desde el punto de penalti, un máximo de 2 robots por equipo estarán en el campo con el fin de evitar interferencias. Los tiros desde el punto penalti se harán alternativamente por parte de ambos equipos hasta que cada equipo haya lanzado 5 sanciones. Para todos los lanzamientos, se aplican las normas de la ley 14. Un segundo tiro (por ejemplo, si la pelota rebota en la portería o un poste de la portería) o el robot que lanza recuperarse la pelota, no puntuará. Durante los lanzamientos, desde el punto penalti no habrá tiempos muertos. Los robots pueden ser intercambiados entre los lanzamientos siguiendo las reglas de intercambio de la ley 3. Como el intercambio de los papeles entre ambos equipos costaría demasiado tiempo y se forzaría a los equipos a variar sus sistemas, se usarán ambas porterías.

Si después de 10 tiros no hay un vencedor, cada equipo tiene un lanzamiento de penalti en el mismo orden en que lo hicieran anteriormente. Este procedimiento (un penalti por equipo) se continúa hasta que haya un vencedor.

2.19.- APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN

Durante las competiciones, los expertos en visión están a cargo del sistema compartido de visión de cada campo. La asignación y tiempo de su período de servicio es designado por los organizadores de la competición. Esto deber hecho de tal forma que cada sistema de visión compartido tenga asignado, al menos, un experto en visión.

Deberes

El experto en visión tiene el deber de:

- Comprobar el hardware del sistema compartido de visión e informar de cualquier problema relacionado con esto al TC/ organizadores locales.
- Hacer el proceso de calibración del SSL-Vision cuando sea necesario o los equipos lo requieran durante los tiempos de configuración.
- Calibrar o realizar el mantenimiento durante el partido del SSL-Vision cuando el árbitro lo requiera.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos reciben los paquetes del SSL-Vision correctamente.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos partidos utilizan los correctos patrones estandarizados, que la altura de sus robots está calibrada con exactitud y que los datos de localización recibidos son correctos.
- Vigilar el estado del sistema compartido de visión durante el partido y reportar inmediatamente cualquier tipo de problema al árbitro.
- Recibir las quejas de los equipos sobre el sistema de visión compartido durante el partido y, si fuera necesario, preguntar al árbitro para parar el juego de tal forma que se pueda diagnosticar y solucionar el problema.
- Avisar al árbitro si hay alguna queja no solucionable de algún equipo acerca del sistema de visión. En este caso, el árbitro, tiene la autoridad definitiva para fallar en cualquier modo con respecto sus poderes y deberes (ver Ley 5), incluyendo la habilidad para avisar y(o sancionar a los equipos de mal comportamiento si las exigencias de los equipos son infundadas y continúan obstruyendo el juego (ver Sanciones Disciplinarias en Ley 12).

CAPÍTULO 3

3.- COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180

Este capítulo expone una breve descripción de la arquitectura del sistema para que el lector del presente documento pueda entender la funcionalidad de sus partes y por tanto los posteriores capítulos del proyecto.

Como se ha visto anteriormente en la reglamentación un equipo de fútbol consta como mucho de 5 robots y cada uno debe caber en cilindros de 180 mm de diámetro y 150mm de altura en caso de la implementación de visión global y 225 mm en caso de visión local. Para el caso de visión global se coloca una cámara sobre la barra situada sobre el campo a 4 m. de altura. En el transcurso del encuentro los robots utilizan comunicación inalámbrica mediante la cual el PC central que está fuera del campo, les envía información sobre su posición, la estrategia del juego, etc.

En general la arquitectura del sistema puede ser dividido en cuatro partes bien diferenciadas[4]:

1. Sistema de visión.
2. Sistema de inteligencia artificial.
3. Sistema de control del árbitro.
4. Los propios robots.

A continuación se muestra el esquema de los subsistemas enumerados anteriormente. Desarrollo de una plataforma hardware para la Robocup Small Soccer League (SSL).

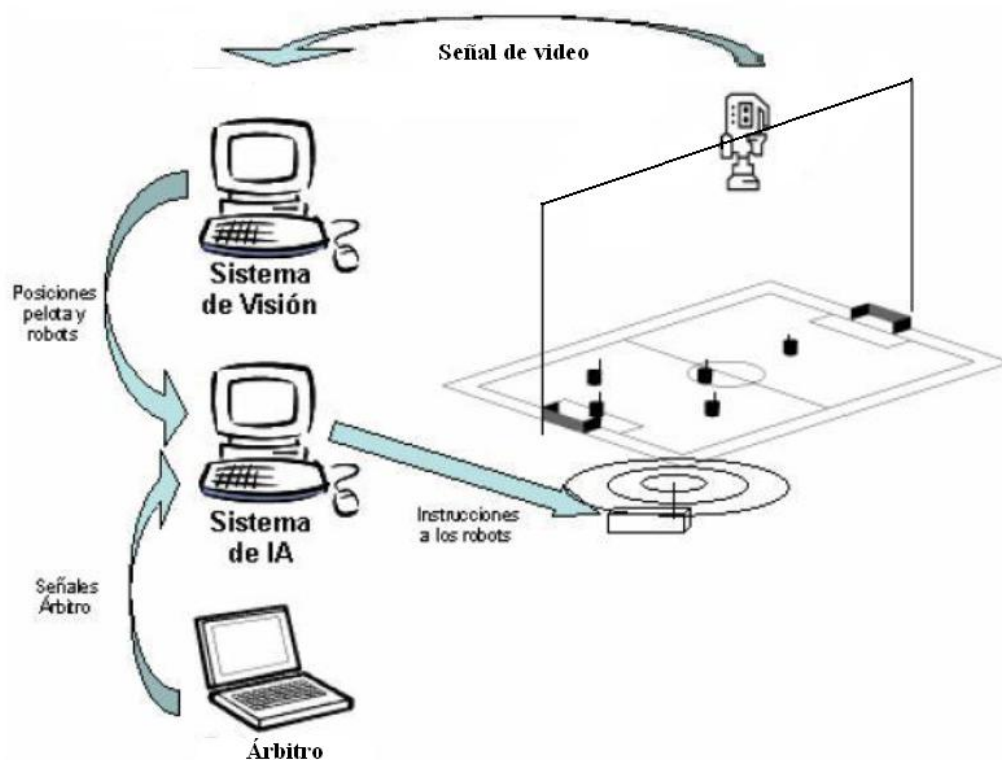


Figura 3.1. Arquitectura del sistema.

Generalmente el sistema de visión y el sistema de inteligencia artificial están dentro de un mismo ordenador.

3.1.- SISTEMA DE VISIÓN

El objetivo del Sistema de Visión es calcular la posición y orientación de los robots en el ambiente. Recibe información por medio de una o varias cámaras de video, procesa las imágenes para identificar a los objetos de interés y envía sus resultados al Sistema de Inteligencia Artificial.

3.2.- SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El Sistema de Inteligencia Artificial recibe la posición y orientación de los robots del equipo y la posición de la pelota y los robots contrarios. Además el árbitro del partido utiliza un Sistema de Control para informar al Sistema de Inteligencia Artificial del estado del partido y enviar eventos que afectan el desarrollo del encuentro. La función principal del Sistema Inteligencia Artificial consiste en tomar decisiones estratégicas que afectan el comportamiento de los robots en el encuentro, así como responder a los comandos que el Control del Árbitro le envía. El Sistema de Inteligencia Artificial envía instrucciones a los robots por medio de un módulo de comunicación inalámbrica.

3.3.- SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO

La persona del árbitro se encarga de vigilar que el partido transcurra según la reglamentación establecida usando un silbato y su voz. El asistente, según esas indicaciones opera sobre un sistema para controlar el estado del juego enviando las correspondientes señales a los Sistemas de Inteligencia Artificial de los equipos.

3.4.- ROBOTS

Los robots se encargan de jugar fútbol y para lograrlo deben ofrecer la siguiente funcionalidad básica:

- Deben ser capaces de desplazarse dentro de la cancha.
- Requieren “patear” la pelota para enviar pases y marcar goles.
- Necesitan “controlar” la pelota, de modo que se puedan desplazar sin perder la pelota.
- Deben recibir la información enviada por el Sistema de Inteligencia Artificial, procesarla y ejecutarla.
- Requieren ser capaces de bloquear tiros del equipo contrario para evitar pases y goles.

Para que cada uno de los robots ejecute las instrucciones que el Sistema de Inteligencia Artificial envía, se requiere que los robots tengan un módulo de comunicación inalámbrica para recibir la información del Sistema de Inteligencia Artificial, un dispositivo de procesamiento central que, de acuerdo con un programa residente en la memoria del robot, interpreta los comandos recibidos por el Sistema de Inteligencia Artificial y envía señales hacia los circuitos de potencia para activar los dispositivos de movimiento del robot y de control y pateo de la pelota.

La figura 3.2 representa un diagrama de los componentes principales de un robot F180.

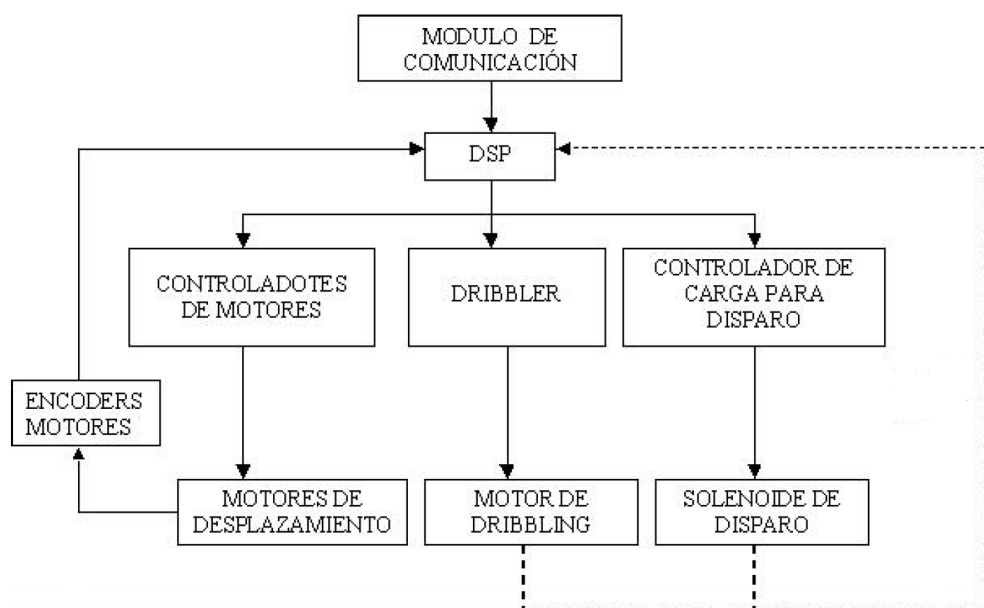


Figura 3.2. Partes funcionales de un robot F180.

3.5.- LOS PARTIDOS F180

Los partidos de la liga F180 tienen una duración de 20 minutos, dividido en dos tiempos de 10 minutos cada uno.

La liga F180 es posiblemente la liga en la cual los partidos tienen gran intensidad por la velocidad de juego, la pelota llega a alcanzar una velocidad de hasta 3m/s y los robots se mueven a más de 2,3 m/s.

La velocidad de juego y el control de los robots han dado a la liga la calificación de una “liga de ingeniería”. En ella se aplican disciplinas de la ingeniería como el diseño electro-mecánico, teoría de control, electrónica de potencia, electrónica digital y comunicación inalámbrica.

3.6.- ARQUITECTURA DEL MICROROBOT F180

En esta sección se elabora un análisis de los sistemas que componen a un robot F180. El análisis parte de la funcionalidad básica requerida y sirve como punto de partida para el diseño y la implementación de un equipo de robots F180.

3.6.1.- Procesamiento y comunicación del robot

La comunicación del robot F180 está hecha para la ejecución de órdenes de movimiento, actuación de dribbler y solenoide del motor, y la lectura de datos necesarios para la futura retroalimentación. El presente robot aprovecha el hecho de que el módulo RCM5400W está dotado de un módulo Wi-Fi que proporciona la comunicación inalámbrica necesaria para el fin, competir de manera autónoma en partidos de liga[5].



Figura 3.3. Módulo RCM5400W.

Para lograr una comunicación inalámbrica entre los robots y la IA se requiere de alguna tecnología que lo permita. Independientemente de la tecnología de comunicación, es importante señalar que es necesario establecer un flujo de comunicación para que la información circule entre la IA y los robots de manera bidireccional.

En nuestro caso, y debido a las opciones de modulo del robot, se ha creado la comunicación con Sockets. Básicamente, un Socket es una estructura de comunicación por el cual dos maquinas pueden intercambiar información de manera bidireccional. Esta estructura está definida por una dirección IP, un protocolo de transporte y un número de puerto definidas previamente tanto en un servidor como en el cliente (ordenador y módulo RCM5400W). En la comunicación, también es muy importante saber el tipo y la cantidad de información que se va a manejar.

Una ligera descripción de esta información, se detalla a continuación. Hay que tener en cuenta que el módulo de control mueve los motores, indicándoles el sentido en el que girar y controlar los sistemas de dribbler (control de bola) y solenoide (pateo de bola). Entonces la cantidad de información que la IA debe manejar para cada robot se puede agrupar en dos bloques: control, que hace referencia a todos los sistemas que funcionan a nivel alto o bajo, y velocidad, donde es necesario un paquete de datos.

Bloque de control: En esta sección se ubica la información relativa al estado de los dispositivos de control y pateo de la pelota, así como la dirección (el sentido) a la que los motores deben moverse. El estado de cada dispositivo puede ser encendido o apagado y la dirección de un motor puede ser hacia delante o hacia atrás y por lo tanto, el estado de cada dispositivo y la dirección de cada motor se pueden representar con un bit por dispositivo.

Bloque de velocidades: En este bloque se especifica la velocidad de cada uno de los motores. Las ondas PWM con las que se controla la velocidad obtenibles del modulo RCM5400W, son ondas de 10 bits, por lo que a la hora de programar esta velocidad en la IA del módulo, tendremos que hablar de velocidades entre 1 y 1024 (10 bits en programación son $2^{10} = 1024$).

3.6.2.- Locomoción

El sistema de tracción y el locomotor son los encargados de hacer que el robot sea capaz de desplazarse por el campo de juego.

Desde el punto de vista de la tracción la robótica puede clasificarse en dos grandes grupos: los basados en movimiento por actuadores o piernas y los basados en movimiento por rodadura.

En nuestro caso se ha optó por el movimiento basado en rodadura ya que es el más sencillo. Entre todas las posibilidades que incluyen este tipo de tracción, se optó por un control omnidireccional por resultar el más conveniente para efectividad del robot en el terreno de juego[8].

El control omnidireccional se lleva a cabo mediante cuatro motores EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada, ya que ofrecían el par requerido en los requisitos propuestos. A pesar de que la velocidad máxima excedía la requerida, no se ha visto en esto inconveniente alguno puesto que, el control de la velocidad del robot se lleva a cabo mediante un control PWM, consiguiendo asignar la velocidad deseada en cada momento. Debido a esto, se desechó la posibilidad de aplicar una reductora, que disminuiría la velocidad máxima pero aumentaría el par. Además estos motores se presentan ocupando un espacio muy limitado gracias a su tecnología sin escobillas, no requieren mantenimiento por desgaste de las mismas y no requerían un control externo, gracias a lo cual, consiguiéndose liberar peso y espacio que puede ser utilizado por los demás sistemas que integran el robot F180.

Para las ruedas se buscaron modelos comerciales, optándose por utilizar unas ruedas omnidireccionales, modelo 2051 de Kornylak.

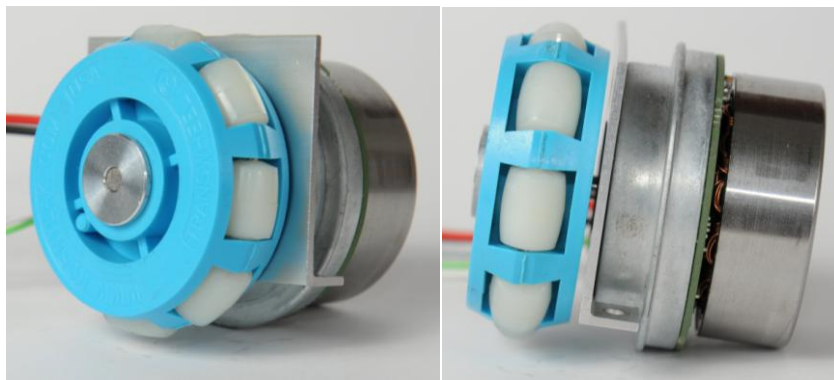


Figura 3.4. Motor y Rueda del Robot F180.

3.6.3.- Alimentación

Para la alimentación del robot F180 se optó por utilizar una batería modular. Entre los diferentes tipos que nos ofrece el mercado, se eligió una batería de tipo LiPO que es la que mejor relación potencia/tamaño proporciona. Tiene una tensión nominal de 14,7V y un límite en corriente muy alto, especialmente pensado para aguantar con todos los sistemas que componen el robot a máximo rendimiento durante todo el partido[21].



Figura 3.5. Batería de 14,7V y 3300mAh.

3.6.4.- Estructura

La estructura del robot F180 debe ser estable y sólida, ya que los sistemas del interior no deben ser dañados durante el partido ya que se tendría un robot inutilizado. Debido a esto se opta por una estructura de aluminio de 4mm para la base inferior y de 1.5mm para las bases superiores y las diferentes escuadras de motores y solenoide. Para el diseño de estas estructuras se ha utilizado la herramienta Catia.

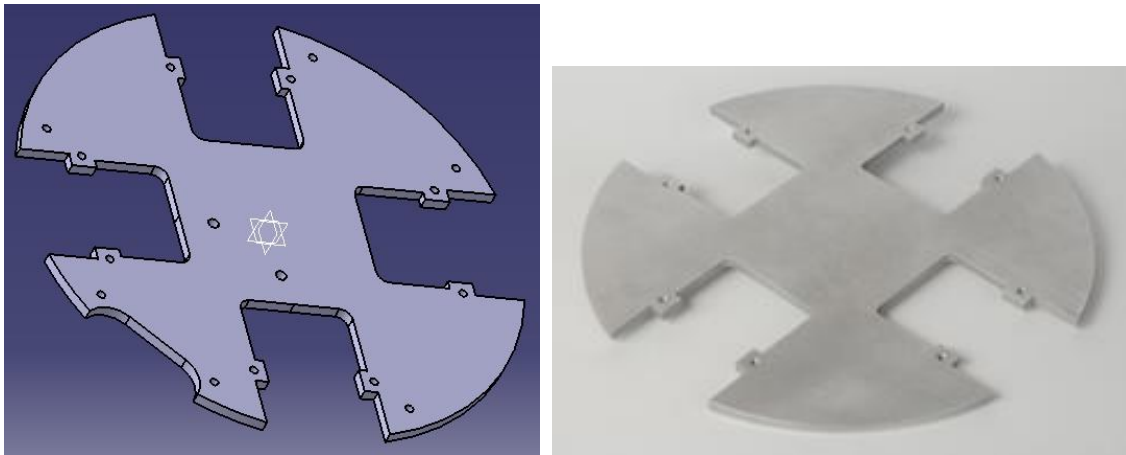


Figura 3.6. Diseño de la base del robot.

3.6.5.- Sistema de disparo

Para que un equipo gane un partido de fútbol es necesario que haya goles, incluso en un partido de RoboCup. Los robots F180 necesitan de algún mecanismo que les permita impulsar la pelota lejos de sí mismos para poder mandar pases y tirar a gol.

La dificultad del problema del golpeo de la pelota radica en encontrar un dispositivo lo suficientemente pequeño para que quepa en el robot F180 y lo suficientemente poderoso para que la pelota salga impulsada con fuerza. Múltiples propuestas surgieron para resolver el problema utilizando mecanismos con resortes, sistemas de aire comprimido, etc. A lo largo de la historia de las competencias del RoboCup se ha generalizado el uso de un solenoide con un núcleo metálico.

En un solenoide, cuando la corriente está fluyendo en la bobina, las líneas de fuerza salen del solenoide por uno de sus extremos, el polo norte, y entran por el extremo opuesto, el polo sur, esas líneas de fuerza se aprovechan para que el núcleo metálico sea impulsado con fuerza para que el robot pueda lanzar la pelota. En la figura 3.7.a se puede ver este sistema antes de hacer pasar la corriente por la bobina y en la 3.7.b en el momento del disparo[7].

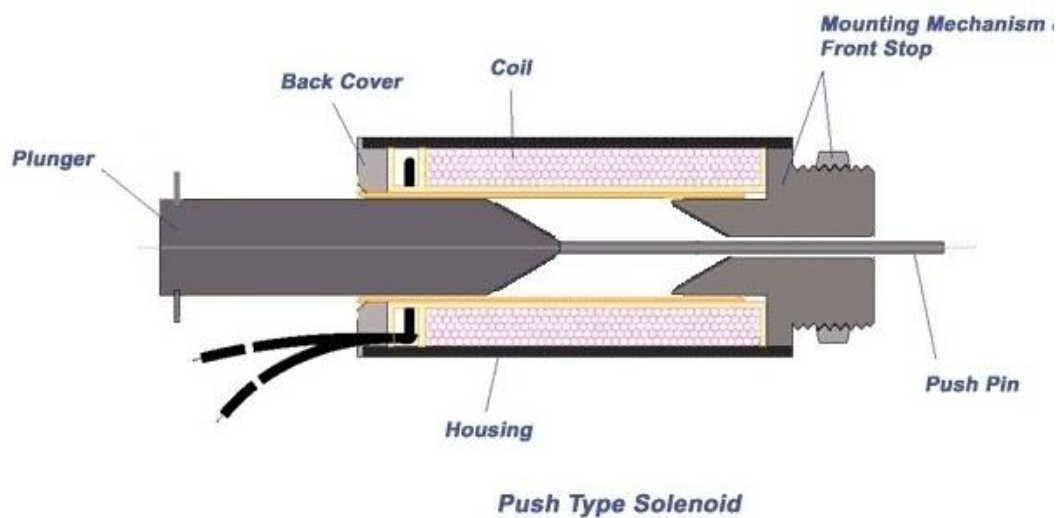


Figura 3.7.a. Solenoide No Excitado

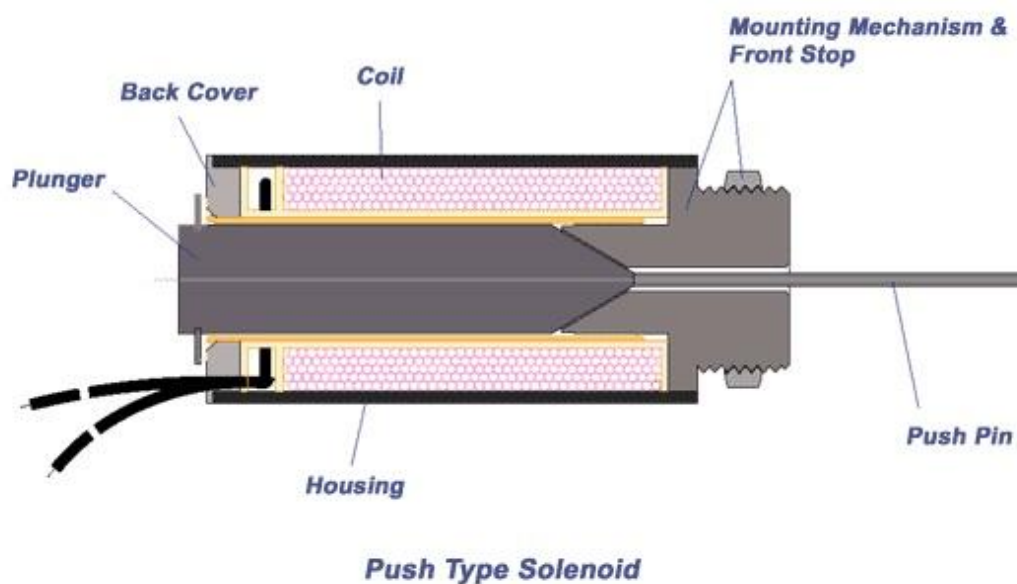


Figura 3.7.b. Solenoide Excitado

El uso de un solenoide requiere una gran cantidad de corriente eléctrica y la única fuente de corriente en el robot son sus baterías, para utilizar un solenoide se necesita de un circuito que almacene carga y se disponga de ella cuando sea necesario patear la pelota, para poder almacenar carga de manera temporal se puede hacer uso de un capacitor.

3.6.6.- Circuito de potencia

La alimentación de de la mayoría de los componentes de robot puede llevarse a cavo mediante la conexión directa con la batería o mediante divisores de tensión.

La excitación del solenoide requiere de una alta tensión en una batería de condensadores, de alrededor de unos 200 voltios, y para conseguirla se hará uso de un circuito elevador.

El circuito elegido para este propósito es un elevador de tipo Boost con dos etapas, en la primera etapa se eleva la tensión a 63 voltios y en la segunda conseguimos los 200 voltios requeridos para un disparo óptimo.

Dado a que el objetivo del elevador es almacenar carga en el capacitor y no proporcionar una corriente constante a otro circuito se necesita de un sistema de control que permita interrumpir y reanudar el funcionamiento del elevador según el nivel de carga en el capacitor.

Conseguimos esto mediante un comparador que mide la diferencia entre un nivel de tensión prefijado en un divisor de tensión y un nivel proporcional al existente en el capacitor conseguido también mediante otro divisor de corriente. Dependiendo de la diferencia de niveles entre las tensiones este comparador permitirá o no que pase corriente al elevador través la activación de un interruptor implementado mediante un transistor permitiendo la alimentación del circuito elevador tipo Boost.

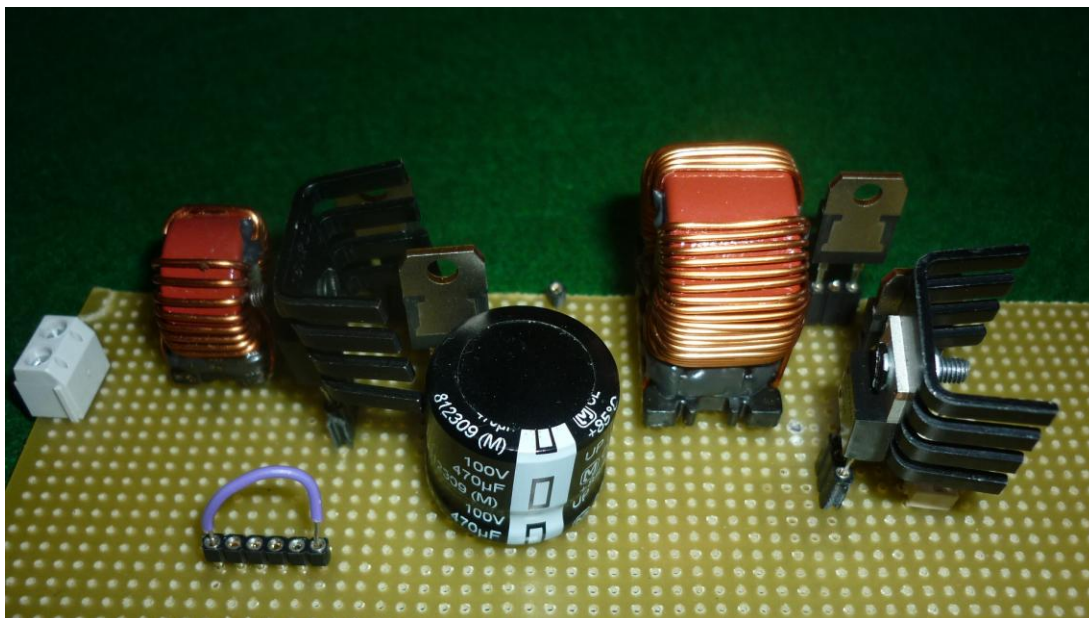


Figura 3.8. Circuito de Potencia.

3.6.7.- Dribbler

Como cualquier jugador de fútbol, el robot debe hacer desplazamientos manteniendo la pelota en su poder. Para que esto sea posible se utiliza un motor unido mediante engranajes a un rodillo de algún material antideslizante. Éste en contacto con la pelota hace que gire sobre sí misma y se mantenga “controlada” por el robot.

Este tipo de solución es la más popular en la liga F180 y se conoce como “dribbler”. En la actualidad, la mayoría de los equipos utiliza un dispositivo de ese tipo en los robots para poder controlar la pelota. La figura siguiente muestra un prototipo general de este sistema para controlar la pelota[6].

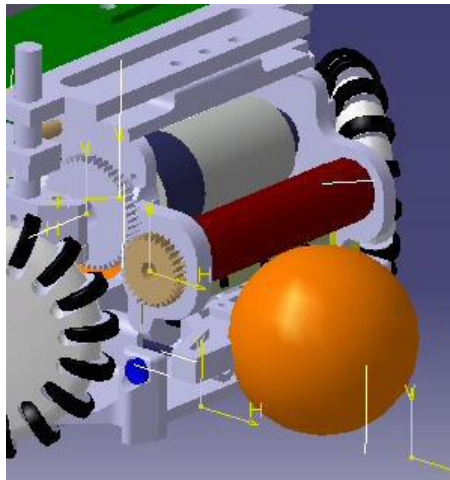


Figura 3.9. Dribbler.

CAPÍTULO 4

4.- SISTEMA DE DISPARO

4.1.- INTRODUCCIÓN

El sistema de golpeo de la pelota es uno de los sistemas mecánicos más importantes después del de locomoción, ya que permite la consecución de los goles que son sin duda el objeto de todo partido de fútbol. El principal problema es encontrar un dispositivo lo suficientemente pequeño para poder incorporarlo dentro de las dimensiones del robot, y que genere la suficiente energía para golpear la pelota a una velocidad adecuada, teniendo en cuenta que las reglas del juego prohíben disparar a una velocidad mayor de 10 m/s. Un pateador robusto y eficiente aumentará considerablemente la capacidad del equipo para triunfar en la competición RoboCup.

El sistema de disparo es quizá el componente que más varía entre los diferentes equipos que se presentan a competición. En lo que se coincide es en su situación, debajo de la barra del dribbler. Debido al reducido tamaño del robot no quedan muchas más alternativas.

4.2.- OPCIONES DE DISEÑO

Para realizar el diseño del mecanismo de disparo que hay de tener en cuenta una serie de características que estudiaremos para cada una de las opciones de diseño. Éstas son la potencia de disparo, tiempo requerido entre disparos, número de disparos, espacio requerido, peso, modulación de potencia, costes y seguridad. Cada una de estas propiedades es muy importante y se elegirá el mecanismo que mejores resultados obtenga en este estudio[2].

4.2.1.- Neumático

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales[14].

Un circuito neumático está constituido por los siguientes componentes:

- Un generador de aire comprimido (compresor), que es el dispositivo que comprime el aire de la atmósfera hasta que alcanza una presión adecuada para nuestra aplicación. En nuestro caso no nos será necesario ya que utilizaríamos unos cartuchos de CO₂ comerciales.



Figura 4.1. Cartuchos de CO₂

- Las tuberías o conductos, a través de los que circula el aire.



Figura 4.2. Conductos neumáticos

- Los actuadores, como los cilindros, que son los encargados de transformar la presión del aire en trabajo mecánico. Estos cilindros pueden ser de simple o doble efecto. Los primeros tienen una posición de reposo y al insuflar aire empujan el pistón hacia fuera. Cuando se deja de meter aire un muelle lleva el pistón a su posición inicial.

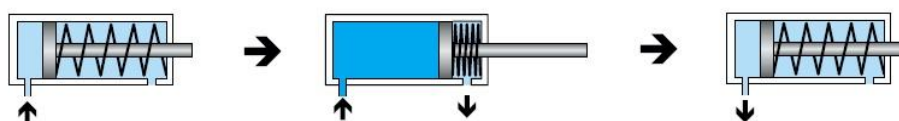


Figura 4.3. Cilindro de simple efecto

Los cilindros de doble efecto no tienen posición de reposo. Para proceder al golpeo se deberá insuflar aire por la parte izquierda y se mantendrá esta posición hasta que se cambie el sentido de la circulación del aire, inyectándolo por la derecha y dejándolo escapar por la izquierda.



Figura 4.4. Cilindro de doble efecto

Para nuestro caso escogeríamos el de simple efecto ya que sólo queremos extender el pistón un momento. Así luego retrocedería a través del muelle y así ahorraríamos los cartuchos de CO₂ para realizar más disparos.

- Los elementos de control, como las válvulas distribuidoras, que abren o cierran el paso del aire según nos convenga. Para nuestra aplicación, ya que dispondríamos de un cilindro de simple efecto, escogeríamos una válvula 3/2 (3 vías y 2 posiciones). El accionamiento de estas válvulas puede ser manual, mecánico o eléctrico. Evidentemente se escogerían éstas últimas (electroválvula), activándola con una salida de la placa en el momento en el que se quisiera realizar el disparo. De esta manera cuando se quiera disparar sólo se tendrá que accionar la válvula y ésta dejará pasar el aire comprimido hacia el actuador.

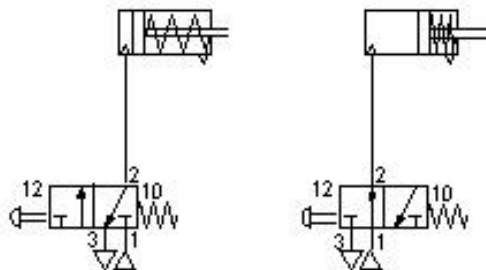


Figura 4.5. Válvulas neumáticas

Siguiendo este método se podría construir un mecanismo de disparo. Los cartuchos de gas se ponen en alguna parte del robot y se cambian antes de cada partido. Se conectan con el actuador neumático mediante los conductos correspondientes, intercalando una electroválvula, la cual es activada mediante la placa cuando se desee disparar. La potencia de disparo se podría regular introduciendo un regulador de caudal o de presión, eso sí, hay que tener en cuenta que mediante este método tendríamos un número de disparos limitado, en función del tamaño de los cartuchos de CO₂.

Las mayores desventajas de este sistema es que la potencia de disparo no estamos seguros de que llegue a ser la adecuada, se requiere de mucho espacio para la instalación de todos sus componentes y además el número de disparos está condicionado al tamaño o al número de cartuchos que se pongan.

Potencia de disparo	0
Tiempo entre disparos	+
Número de disparos	-
Modulación de potencia	+
Espacio requerido	-
Peso	0
Costes	+
Seguridad	+

Figura 4.6. Tabla resumen neumática

4.2.2.- Servomotor

Un servo o servomotor es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa[10].



Figura 4.7. Servomotor

El componente principal de un servo es un motor de corriente continua, que realiza la función de actuador en el dispositivo: al aplicarse un voltaje entre sus dos terminales, el motor gira en un sentido a alta velocidad, pero produciendo un bajo par. Para aumentar el par del dispositivo, se utiliza una caja reductora, que transforma gran parte de la velocidad de giro en torsión.

El dispositivo utiliza un circuito de control para realizar la ubicación del motor en un punto, consistente en un controlador proporcional.

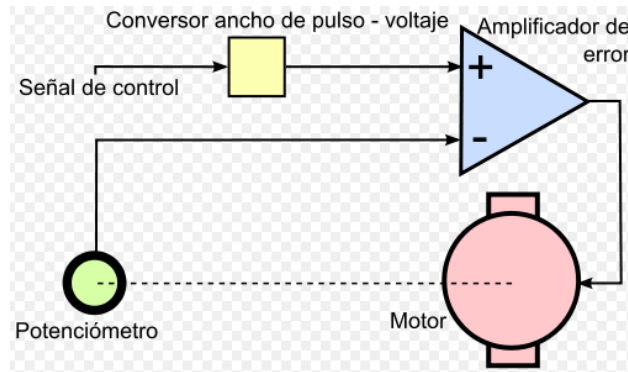


Figura 4.8. Controlador proporcional

El valor de posición deseada para el motor se indica mediante una señal de control cuadrada (PWM). El ancho de pulso de la señal indica el ángulo de posición: una señal con pulsos más anchos (es decir, de mayor duración) ubicará al motor en un ángulo mayor, y viceversa.

Inicialmente, un amplificador de error calcula el valor del error de posición, que es la diferencia entre la referencia y la posición en que se encuentra el motor. Un error de posición mayor significa que hay una diferencia mayor entre el valor deseado y el existente, de modo que el motor deberá rotar más rápido para alcanzarlo. Si el servo se encuentra en la posición deseada, el error será cero, y no habrá movimiento.

Para que el amplificador de error pueda calcular el error de posición, debe restar dos valores de voltaje analógicos. La señal de control PWM se convierte entonces en un valor analógico de voltaje, mediante un convertidor de ancho de pulso a voltaje. El valor de la posición del motor se obtiene usando un potenciómetro de realimentación acoplado mecánicamente a la caja reductora del eje del motor: cuando el motor rote, el potenciómetro también lo hará, variando el voltaje que se introduce al amplificador de error.

Una vez que se ha obtenido el error de posición, éste se amplifica con una ganancia, y posteriormente se aplica a los terminales del motor.

Cada servo, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Por ejemplo, para algunos servos los valores de tiempo de la señal en alto están entre 1 y 2 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180°, respectivamente). Los valores de tiempo de alto para ubicar el motor en otras posiciones se halla mediante una relación completamente lineal: el valor 1,5 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente mencionado, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición θ estará dado por la siguiente fórmula, donde t está dado en milisegundos y ϕ en grados.

$$t = 1 + \frac{\phi}{180}$$

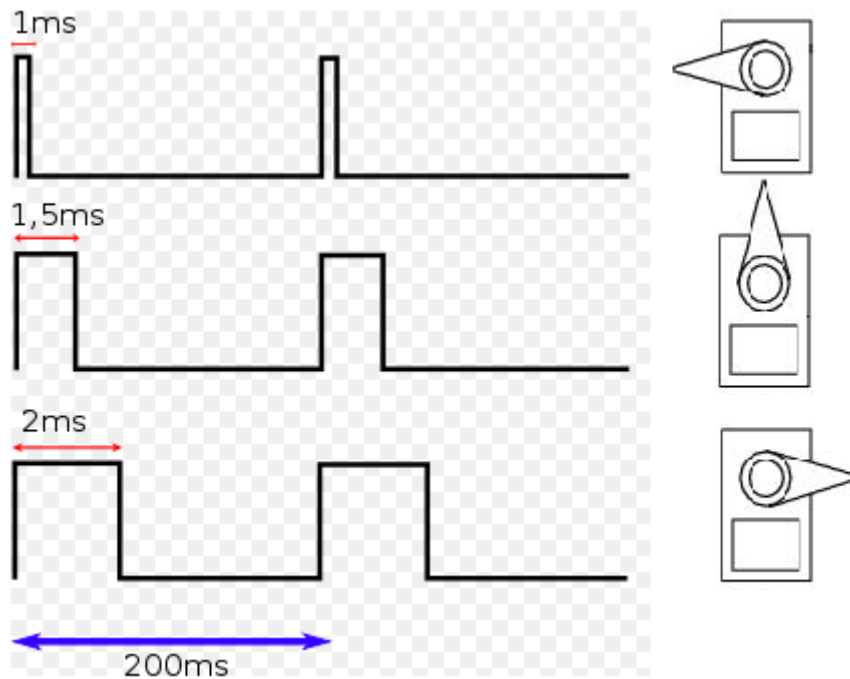


Figura 4.9. Control servo con PWM

Gracias a este sistema y con una simple transmisión para convertir el giro del servomotor en un movimiento lineal, se puede realizar un disparo.

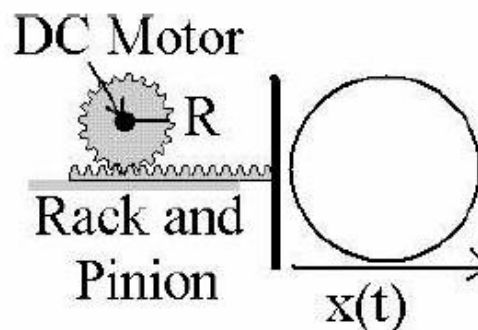


Figura 4.10. Disparo con servo

Este mecanismo es muy sencillo pero es difícil conseguir altas velocidades. Quizá se podría añadir algún sistema de palancas para aumentar la inercia y la potencia al golpear la pelota, pero esto significaría ocupar más espacio, algo muy importante en el diseño de la Robocup Small Size. Por otra parte con un servo amplificador se podría controlar distintas intensidades de golpeo y no tendríamos limitación en cuanto al número de disparos que se puedan realizar.

Potencia de disparo	-
Tiempo entre disparos	+
Número de disparos	+
Modulación de potencia	+
Espacio requerido	0
Peso	+
Costes	+
Seguridad	+

Figura 4.11. Tabla resumen servomotor

4.2.3.- Muelle

Se conoce como muelle o resorte a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir una deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido. Son fabricados con materiales muy diversos, tales como acero al carbono, acero inoxidable, acero al cromo silicio, cromo-vanadio, bronces, plástico, entre otros, que presentan propiedades elásticas y con una gran diversidad de formas y dimensiones.

Un muelle basa su funcionamiento en la Ley de Hooke, que dice que si se estira o se comprime una pequeña distancia x respecto de su estado de equilibrio (no deformado) la fuerza que hay que ejercer es proporcional a x [15].

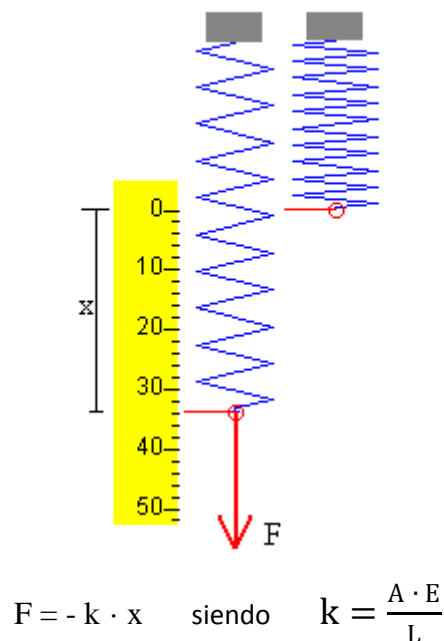


Figura 4.12. Ley de Hooke

Donde k es la constante elástica del resorte y x la elongación (alargamiento producido). A es la sección del cilindro imaginario que envuelve el resorte y E el módulo de elasticidad del material. De no conocer este valor, puede calcularse de forma experimental de la siguiente forma:

Para medir la constante k , medimos la deformación x cuando aplicamos distintos valores de la fuerza F , por ejemplo, colgando del muelle una masa m

$$F = m \cdot a \quad \text{donde} \quad a = g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

En un sistema de ejes:

- fuerza F (en N) en el eje vertical,
- deformación x (en m) en el eje horizontal

se representan los datos experimentales y la recta $F=k \cdot x$. La pendiente de la recta nos proporciona la medida de la constante elástica k del muelle en N/m.

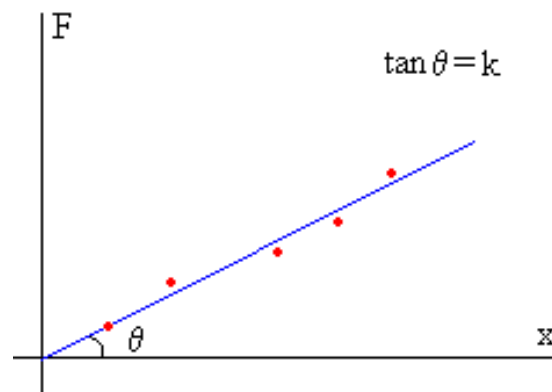


Figura 4.13. Gráfica constante elástica k

Este mecanismo sería similar al de una máquina recreativa de pinball, en las que para lanzar la bola tiras de un manillar encogiendole un muelle y al soltar descargas toda su energía sobre la pelota. En nuestro caso el lanzamiento no puede ser manual, un motor será el encargado contraer el resorte para cuando sea necesario soltarlo y proceder al disparo.

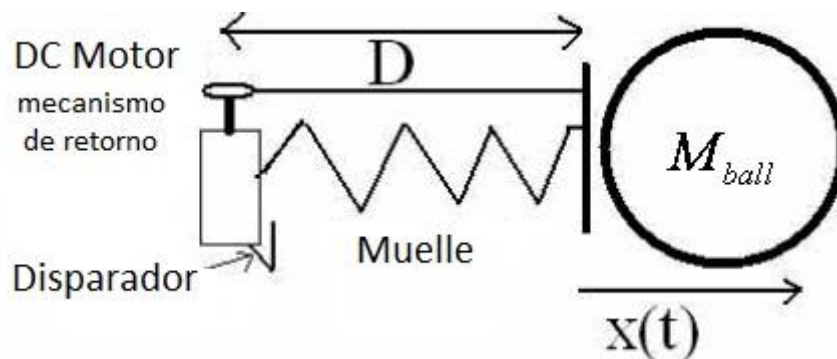


Figura 4.14. Disparo con muelle

Cogiendo un muelle fuerte, se obtendrían disparos muy potentes, aunque el motor también tendría que ser mayor para poder comprimirlo. Esto se podría conseguir con una gran reductora, ya que no se requiere mucha velocidad del motor. Para poder modular la potencia de disparo se ha pensado en la utilización de un servo, cuyas características se han explicado en el apartado anterior 4.2.2., así podremos llevar el resorte a distintas posiciones e imprimir mayor o menor velocidad a la bola. La mayor desventaja de este mecanismo es el espacio que se requiere, así como su peso.

Potencia de disparo	+
Tiempo entre disparos	+
Número de disparos	+
Modulación de potencia	+
Espacio requerido	-
Peso	-
Costes	0
Seguridad	+

Figura 4.15. Tabla resumen muelle

4.2.4.- Solenoide

El solenoide es un alambre aislado enrollado en forma de hélice (bobina) o un número de espirales con un paso acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro del solenoide. El solenoide con un núcleo apropiado se convierte en un imán (en realidad electroimán) de modo que un núcleo móvil es atraído a la bobina cuando fluye una corriente. Se utiliza en gran medida para generar un campo magnético uniforme[17].

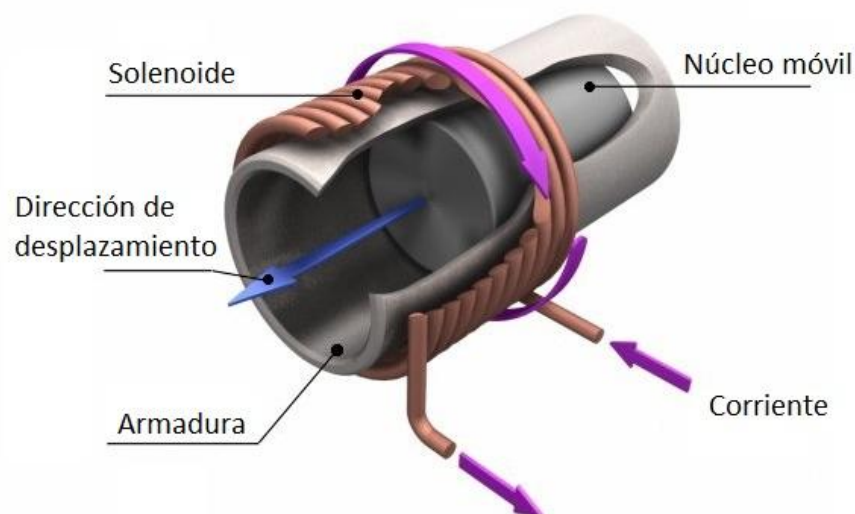


Figura 4.16. Dibujo solenoide

Una definición más sencilla es que un solenoide es una bobina y un núcleo de hierro móvil usados para convertir energía eléctrica en energía mecánica. Una de las principales aplicaciones de un solenoide es hacer de interruptor, como por ejemplo en los relés o en las válvulas que se usan en neumática e hidráulica.

En un solenoide, cuando la corriente está huyendo en la bobina, las líneas de fuerza salen del solenoide por uno de sus extremos, el polo norte, y entran por el extremo opuesto, el polo sur. Esas líneas de fuerza se aprovechan para que el núcleo metálico sea impulsado con fuerza para que el robot pueda lanzar la pelota.

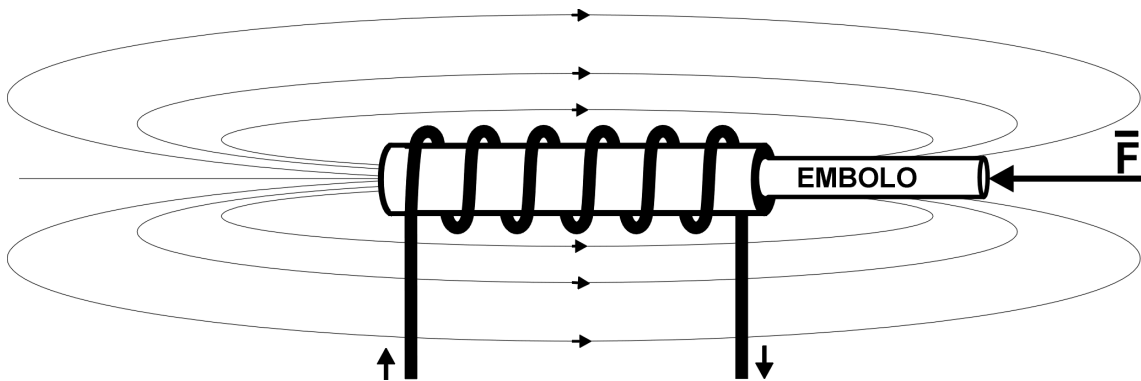


Figura 4.17. Líneas de fuerza del solenoide.

Esto es debido a las dos leyes básicas que gobiernan los solenoides, la ley de Faraday y la ley de Ampere.

4.2.4.1.- Ley de Faraday

La Ley de inducción electromagnética de Faraday establece que el voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad [1]$$

Figura 4.18. Ley de Faraday

donde \vec{E} es el campo eléctrico, $d\vec{l}$ es el elemento infinitesimal del contorno C , \vec{B} es la densidad de campo magnético y S es una superficie arbitraria, cuyo borde es C . Las direcciones del contorno C y de $d\vec{A}$ están dadas por la regla de la mano derecha.

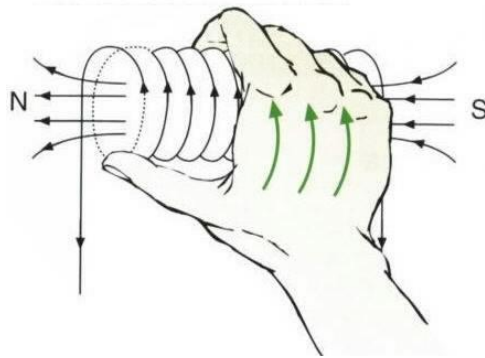


Figura 4.19. Regla de la mano derecha

Se define el flujo a través de una superficie A como:

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \quad [2]$$

Figura 4.20. Ecuación flujo

De la ecuación [1] y [2] obtenemos que

$$V_\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Figura 4.21. Ley de Faraday generalizada

Y finalmente para el caso de un inductor con N vueltas de alambre, la fórmula anterior se transforma en:

$$V_\varepsilon = - N \frac{d\Phi}{dt}$$

Figura 4.22. Ley de Faraday para solenoide

donde V_ε es el voltaje inducido y $d\Phi/dt$ es la tasa de variación temporal del flujo magnético Φ .

4.2.4.2.- Ley de Ampere

Si suponemos que el solenoide es muy largo comparado con el radio de sus espiras, el campo es aproximadamente uniforme y paralelo al eje en el interior del solenoide y es nulo fuera del solenoide. En esta aproximación es aplicable la ley de Ampere[18].

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \cdot i$$

Figura 4.23. Ley de Ampere

El primer miembro, es la circulación del campo magnético a lo largo de un camino cerrado y en el segundo miembro, μ_0 es la permeabilidad magnética en el vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ para el aire) y el término i se refiere a la intensidad que atraviesa dicho camino cerrado.

Para determinar el campo magnético, aplicando la ley de Ampere, tomamos un camino cerrado ABCD que sea atravesado por corrientes. La circulación es la suma de cuatro contribuciones, una por cada lado.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_B^C \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_D^A \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

Figura 4.24. Contribuciones a la circulación I

A continuación examinaremos cada una de las contribuciones a la circulación:

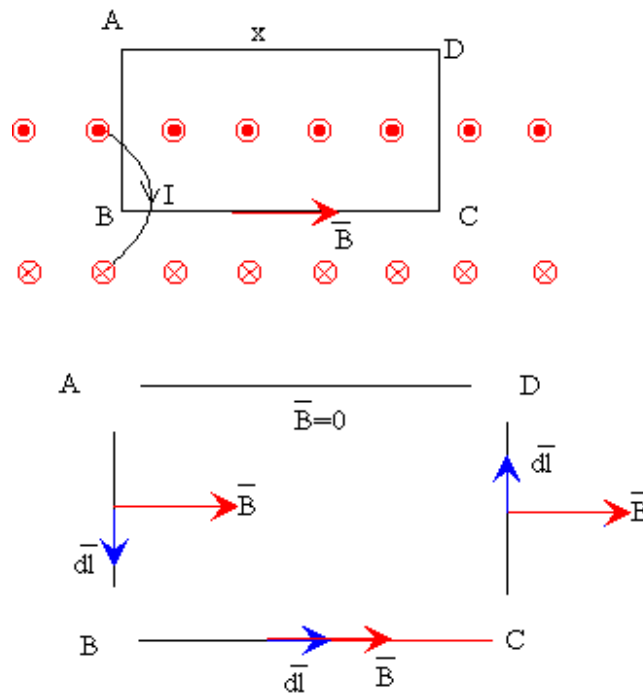


Figura 4.25. Contribuciones a la circulación II

1. Como vemos en la figura, la contribución a la circulación del lado AB es cero ya que bien \vec{B} y $d\vec{l}$ son perpendiculares o bien, \vec{B} es nulo en el exterior del solenoide.
2. Lo mismo ocurre en el lado CD.
3. En el lado DA la contribución es cero, ya que el campo en el exterior al solenoide es cero.
4. El campo es constante y paralelo al lado BC, la contribución a la circulación es Bx , siendo x la longitud de dicho lado.

La corriente que atraviesa el camino cerrado ABCD se puede calcular fácilmente:

Si hay N espiras en la longitud L del solenoide, en una longitud x habrá Nx/L espiras. Como cada espira transporta una corriente de intensidad i, la corriente que atraviesa el camino cerrado ABCD será $Nx \cdot i/L$.

Resumiendo, la ley de Ampere para un solenoide de longitud L y N espiras es:

$$B_x = \mu_0 \frac{Nx}{L} i \quad \rightarrow \quad B = \mu_0 \frac{N}{L} i$$

Figura 4.26. Ley de Ampere para solenoide

4.2.4.3.- Tipos de solenoides

- Solenoides giratorios: Proporcionan una carrera rotacional que se mide en grados. Algunos son unidireccionales y otros son bidireccionales. La mayor parte tienen un retorno mediante muelle para devolver la armadura (parte móvil) a la posición inicial. Con frecuencia se usan cuando el tamaño es de mayor importancia y el trabajo que desempeñan se distribuye de manera más eficaz en toda su carrera. Tienen una fuerza/par de arranque mayor que la de los solenoides lineales y son más resistentes al impacto. A su vez también ofrecen vida útil más larga (en número de actuaciones) y una de las aplicaciones más comunes que ayuda a ilustrar la función de un solenoide giratorio es abrir y cerrar un obturador láser.

- Solenoides lineales: Proporcionan una carrera lineal normalmente menor de tres centímetros en cualquier dirección. Al igual que los giratorios, algunos solenoides lineales son unidireccionales y otros bidireccionales. Normalmente se clasifican como de tipo pull (la ruta electromagnética tira de un émbolo hacia el cuerpo del solenoide), de tipo push en el cual el émbolo / eje se empuja hacia afuera de la caja o push/pull que ofrece los dos movimientos en función de la polaridad de tensión a la que es sometido. Muchos tienen un retorno por muelle para devolver el émbolo a la posición inicial. Los solenoides lineales son dispositivos menos complejos y son significativamente menos costosos que los productos giratorios. También ofrecen menos ciclos de vida útil y a veces tienden a ser más grandes.

Para nuestra aplicación nos quedamos con éstos últimos, de tipo push, ya que buscamos un movimiento lineal que empuje el pistón con fuerza para golpear la pelota.

4.2.4.4.- Características

- Carrera

Al aplicar solenoides, mantenga la carrera tan breve como sea posible para mantener el tamaño, peso y consumo de energía al mínimo.

- Fuerza

Se aplica a productos lineales. La fuerza de arranque típicamente es más importante que la fuerza de terminación. Se sugiere un factor de seguridad de 1.5. Por ejemplo, una aplicación que requiera 3 Kg de fuerza deberá emplear un solenoide que proporcione al menos 4.5 Kg de fuerza.

Para determinar sus requisitos de fuerza o par, debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La carga real que está moviendo
- Fuerza o par de resorte de retorno
- Cargas por fricción
- Aumento de temperatura
- Ciclo de servicio
- Orientación del solenoide respecto a la gravedad (el peso del émbolo se suma o resta dependiendo de cómo esté montado el solenoide).

- Par

Se aplica a los productos giratorios. El par de arranque típicamente es más importante que el de terminación. Al igual que antes se sugiere un factor de seguridad de 1.5. El par producido por los solenoides giratorios es inversamente proporcional a la longitud total de la carrera. Cuanto más larga sea la carrera, más baja será la salida de par. Cuanto más corta sea la carrera, más alta será la salida de par.

- Tensión

La fuente de tensión determina el devanado de bobina a usar en el solenoide adecuado. Las clasificaciones comunes de fuente de alimentación de corriente continua son 6, 12, 24, 36 y 48 V. Solenoides de CA vs. CC – Los solenoides de corriente alterna se usan más frecuentemente en electrodomésticos. En general los solenoides de se especificaban cuando había un alto coste en la rectificación a CC. Los solenoides de CA típicamente requieren el doble de la energía de irrupción de un solenoide de CC equivalente. En consecuencia, para las aplicaciones de hoy en día se eligen más solenoides de corriente continua.

- Corriente/Energía

La fuerza producida por un solenoide de CC es proporcional al número de vueltas (N) en el devanado de bobina y a la corriente (I). Esto determina los amperes-vueltas o NI. Los requisitos de bobina del solenoide deben ser iguales a la fuente de alimentación.

- Ciclo de servicio

El ciclo de servicio de su aplicación es la relación del "tiempo encendido" dividido entre el tiempo total para un ciclo completo (encendido + apagado). El ciclo de servicio normalmente se expresa como un porcentaje o una fracción (50%, 100%). Una representación más simplista del ciclo de servicio es llamar a todos los solenoides con servicio menor al 100% "intermitentes" y a los de servicio al 100% solenoides "continuos". Todos los solenoides de servicio intermitentes también deben tener un



"tiempo de encendido" máximo permitido para evitar el sobrecalentamiento que puede ocasionar una bobina quemada. El "tiempo de encendido" no debe exceder los límites de disipación de energía de la bobina. La disipación térmica adecuada y/o el enfriamiento adicional mejora la disipación de calor que permite un rango de ciclo de servicio más amplio. Se debe prestar atención a los datos de "tiempo encendido" máximos proporcionados junto con el cálculo de ciclo de servicio para evitar daño a los solenoides. Por ejemplo, aunque una aplicación con un tiempo de ciclo de una hora y un tiempo apagado de 3 horas puede calcularse como un ciclo de servicio de 25%, en la práctica esto no es realista. Una aplicación de solenoide más realista podría ser un tiempo encendido de un segundo y un tiempo de apagado de 3 segundos para el mismo ciclo de servicio de 25%.

- Temperatura

Se debe considerar tanto la temperatura ambiente del solenoide como el auto calentamiento del solenoide en funcionamiento. La resistencia de la bobina varía con la temperatura que afecta la salida de fuerza. La temperatura de auto calentamiento está dictada por el ciclo de servicio. Cada aumento de 1° por encima de 20° C es igual a un aumento de 0.39% de la resistencia nominal; lo que reduce la salida de fuerza o par. Alguna de las maneras de compensar las restricciones de temperatura son:

- Especificar una bobina clase C
- Usar un solenoide con varios devanados
- Operar en forma intermitente, no en servicio continuo
- Usar un solenoide mayor
- Usar un disipador de calor
- Agregar un ventilador de enfriamiento

El factor limitante de temperatura de operación de un solenoide es el material aislante del alambre magneto que se usa. Clases de aislamiento:

- Clase B----- 130 °C
- Clase F----- 155 °C
- Clase H ----- 180 °C
- Clase C----- 220 °C

- Tiempo/Velocidad de operación

Los factores que afectan el tiempo y la velocidad incluyen la masa de la carga, la potencia/vatios disponibles y la carrera. La desenergización también juega un papel importante y es afectada por el entrehierro, el mecanismo de retorno del émbolo o armadura, y el magnetismo residual.

- El entrehierro es el espacio en el circuito magnético que permite que la armadura se mueva sin interferencia y el flujo magnético para fluir con resistencia mínima (reluctancia). Cuanto más pequeño es el entrehierro, más tiempo necesita para disminuir el campo magnético resultante de la bobina excitada. Esto causa un tiempo de desenergizado más largo.
- La aplicación de dispositivos de protección electrónica para reducir picos causados al interrumpir la corriente en la bobina es necesaria para garantizar la



protección de su dispositivo de conmutación. La supresión de bobina tiende a aumentar el tiempo de desenergizado del solenoide.

- Puesto que los solenoides tienen fuerza sólo en una dirección, debe haber una fuerza de restauración (como la gravedad o un resorte) para devolver el solenoide a la posición de arranque o desenergizada. Esto ubica al solenoide para la siguiente operación.
- Las superficies del entrehierro de un solenoide se vuelven el polo norte y sur de un imán cuando se energizan. Cuando el solenoide está apagado, sigue existiendo entre los polos una atracción magnética pequeña pero mensurable llamada magnetismo residual. El magnetismo residual se puede reducir al construir las piezas del solenoide de hipraleaciones o al aumentar el tamaño del entrehierro.

- Aspectos ambientales

Se deben señalar muchos factores ambientales al elegir un solenoide. Entre ellos están temperatura, arena / polvo, humedad, impacto, vibración, vacío, productos químicos y polvo de papel.

- Vida útil del solenoide

La vida útil se determina y es optimizada por:

- Sistema de cojinete y acabado de la superficie del eje
- Carga lateral y alineación de la carga
- Impedir que las piezas del polo choquen entre sí
- Reducir el impacto al desenergizar

Las expectativas de vida útil de un solenoide van de 50 mil ciclos a más de 100 millones de ciclos.

4.2.4.5.- Disparo

Como hemos visto antes el solenoide genera un campo magnético que sigue la ecuación

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} i$$

y empieza a actuar como un potente electroimán. Por su interior circulará un núcleo móvil de un material ferromagnético que será atraído por dicho campo. Calcular la fuerza sobre estos materiales es, en general, bastante complejo. Esto se debe a las líneas de campo de contorno y a las complejas geometrías. Puede simularse usando análisis de elementos finitos. Sin embargo, es posible estimar la fuerza máxima bajo condiciones específicas. Si el campo magnético está confinado dentro de un material de alta permeabilidad, como es el caso de ciertas aleaciones de acero, la fuerza máxima viene dada por:

$$F = \frac{B^2 A}{2\mu_o}$$

Figura 4.27. Fuerza en el solenoide I

Donde F es la fuerza en newtons, B es el campo magnético en Teslas, A es el área de las caras de los polos en m² y μ_o es la permeabilidad magnética.

Sustituyendo ambas ecuaciones obtenemos que:

$$F = \frac{\mu N^2 I^2 A}{2L^2}$$

Figura 4.28. Fuerza en el solenoide II

En esta ecuación se puede ver que para un solenoide dado donde la permeabilidad μ_o , el número de vueltas N, la sección A y la longitud L son constantes, la fuerza que se ejerce es proporcional a la intensidad con la que energizamos la bobina.

Debido a esto, el problema de usar un solenoide es la gran cantidad de corriente que necesita para realizar un fuerte disparo, y la única fuente de corriente de la que dispone el robot son las baterías. Para compensar la falta de corriente proporcionada por las baterías, se requiere de un dispositivo que almacene carga y la libere cuando sea necesario. Es decir, se hace indispensable el uso de uno o varios condensadores en paralelo.

La carga del condensador viene dada por:

$$Q = CV$$

Figura 4.29. Carga del condensador

Por tanto se necesita cuanto mayor voltaje y capacidad mejor. El problema es que el robot sólo dispondrá de una batería de 15 V, así que se hace imprescindible el uso de transformadores o algún circuito elevador DC-DC para elevar la tensión.

A continuación se muestra un esquema de bloques con todo lo necesario para realizar el disparo:

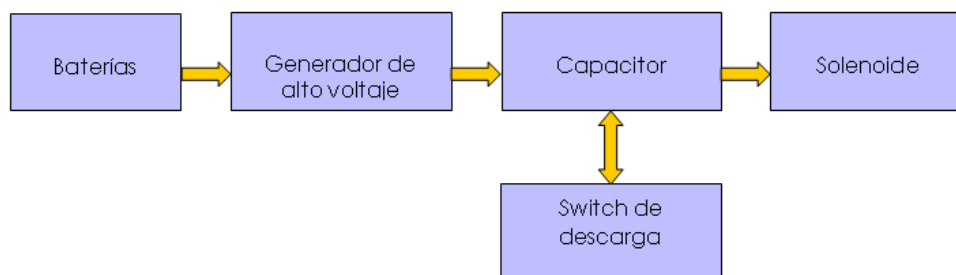


Figura 4.30. diagrama de bloques del disparo

Lo más complicado es el diseño del circuito para elevar la tensión de los 15 V de la batería hasta unos 200 V que se estiman son necesarios para golpear la pelota a una velocidad adecuada. Una vez almacenada dicha tensión en los condensadores el sistema es muy sencillo. Sólo tenemos que mandar la señal de disparar a un interruptor (un mosfet de potencia por ejemplo) desde la placa, que cerrará el circuito descargando toda la potencia al solenoide.

La mayor ventaja de este mecanismo es conseguir una alta potencia de disparo en un espacio bastante reducido. Además no se tiene limitación en cuanto al número de disparos (como nos pasaba con el neumático) y podemos modular su potencia mediante el tiempo de activación del interruptor. Es decir, supongamos que para energizar el solenoide durante toda su carrera necesitamos 10 ms, con esto obtendríamos un disparo a máxima potencia. Sin embargo si sólo activamos el interruptor 5 ms, el resto de la carrera la realizará por inercia y la potencia de disparo será mucho menor. Por otra parte un factor a tener en cuenta con este sistema es la seguridad, ya que se trabajará con unos valores de tensión e intensidad bastante elevados.

Potencia de disparo	+
Tiempo entre disparos	+
Número de disparos	+
Modulación de potencia	+
Espacio requerido	+
Peso	+
Costes	+
Seguridad	-

Figura 4.31. Tabla resumen solenoide

4.2.5.- Conclusión

A continuación se muestra una tabla resumen con las principales características de los diferentes sistemas de disparo que se han propuesto anteriormente:

PROPIEDADES	Neumático	Servomotor	Muelle	Solenoide
Potencia de disparo	0	-	+	+
Tiempo entre disparos	+	+	+	+
Número de disparos	-	+	+	+
Modulación de potencia	+	+	+	+
Espacio requerido	-	0	-	+
Peso	0	+	-	+
Costes	+	+	0	+
Seguridad	+	+	+	-

Figura 4.32. Tabla resumen de los sistemas de disparo

Haciendo una comparativa sobre este primer estudio observamos que el solenoide es el que mejores prestaciones nos ofrecería así que trabajaremos en este sistema. Otra de las razones por las que nos decantamos por esta opción es que nos ofrece la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos recibidos durante la carrera de electrónica en la realización del circuito de potencia que se necesita para elevar la tensión.

Además, se ha realizado una labor de investigación de los sistemas de disparo que usan los diferentes equipos que participan en la Robocup Small Size y, aunque algunos de los equipos montan los diferentes mecanismos aquí mencionados, durante los años se está generalizando el uso del solenoide. Esto nos lleva a pensar que es la mejor opción para ser competitivos.

4.3.- ELECCIÓN DEL SOLENOIDE

La primera decisión a tomar es si fabricamos nosotros nuestro propio solenoide, dándole las propiedades que creamos adecuadas, o si buscamos uno comercial que se ajuste a nuestras necesidades. Como no sabíamos exactamente cómo iba a funcionar el disparo mediante este sistema y además este robot es un primer prototipo sobre el que se va a seguir trabajando y evolucionando, se ha optado por buscar un solenoide estándar y que se pueda comprar en alguna compañía especializada.

Nuestro patrón de búsqueda fue muy sencillo, encontrar el solenoide que mayor potencia nos entregara y que cupiese dentro del robot. Esto último es muy importante, ya que se dispone de un espacio muy reducido. Para aprovecharlo al máximo se situará el disparador en la planta de abajo del robot, entre medias de los motores. Así dejaremos las plantas superiores para la batería y toda la circuitería. A continuación se muestra qué dimensiones máximas puede tener, si es más ancho tendrá que ser menos largo y viceversa:

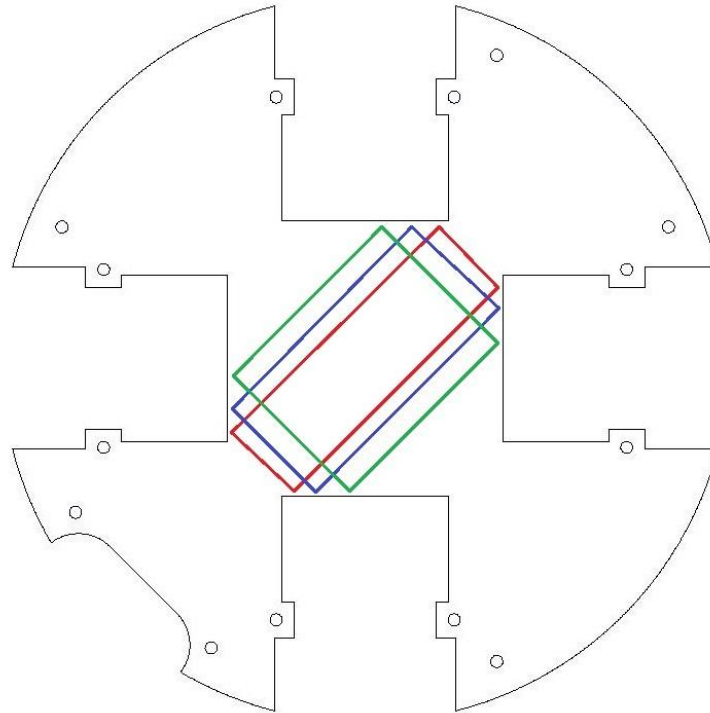


Figura 4.33. Tamaño del solenoide

Después de mucho buscar encontramos un solenoide que nos venía a la perfección, tanto en potencia como en dimensiones, el RP 16X16-ID. Este es un solenoide cuyas características principales son:

- Tipo push
- Potencia 38 W
- Anchura 23.5 mm
- Longitud del cuerpo 50.8 mm
- Ciclo completo 10%
- Peso 161 g



Figura 4.34. Solenoide escogido

Este solenoide encaja perfectamente en la base del robot y es el que mayor potencia nos entrega de los que se han encontrado. Se dice que nos da 38 W, pero al profundizar en su hoja de características (ver anexo) se puede ver que para un pulso, un ciclo de trabajo inferior al 10%, es capaz de entregarnos hasta 96 W. Además tiene la ventaja de pertenecer a RS, casa con la que trabaja la universidad con asiduidad[20].

Una vez elegido, se le aplicarán unas ligeras modificaciones. El solenoide nos llegó tal y como se ve en la imagen anterior, sin ningún tipo de mecanismo de retorno para el vástago y con la punta roscada. En primer lugar se le puso una chapa metálica en la parte posterior, a la que iba unido un resorte que permitía retroceder el pistón a una posición de reposo. Este muelle no debe de ser muy potente, ya que la fuerza que tiene que ejercer para llevarlo a su posición inicial es muy pequeña y además nos opondrá menos resistencia a la hora de realizar el disparo.

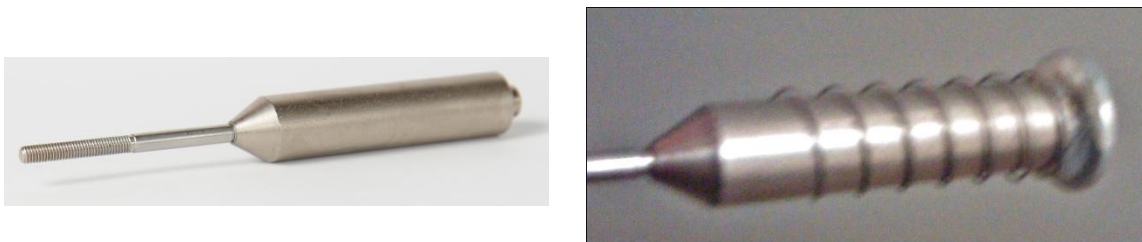


Figura 4.35. Sistema de retorno

Seguidamente nos centramos en el extremo que golpea la pelota. Es necesaria alguna pieza para alargar su longitud y que pueda alcanzar la bola. Para ello, aprovechando el roscado que tiene la pieza, se utilizarán unos separadores (como los que se usan para la separación de las plantas del robot) que enroscan perfectamente. Además con esta ampliación se aportará algo de peso en este extremo, transmitiendo así mayor energía a la pelota.



Figura 4.36. Sistema de extensión

Por último sólo nos queda anclar el solenoide a la base. Para ello se ha diseñado con Catia una escuadra (planos en anexo) que lo fija perfectamente mediante 2 tornillos y además lo deja a una altura alineada con el centro de la pelota para que el disparo se óptimo. Estos dos elementos van unidos entre sí mediante una tuerca que sí que nos venía cuando lo compramos (ver figura 4.34).

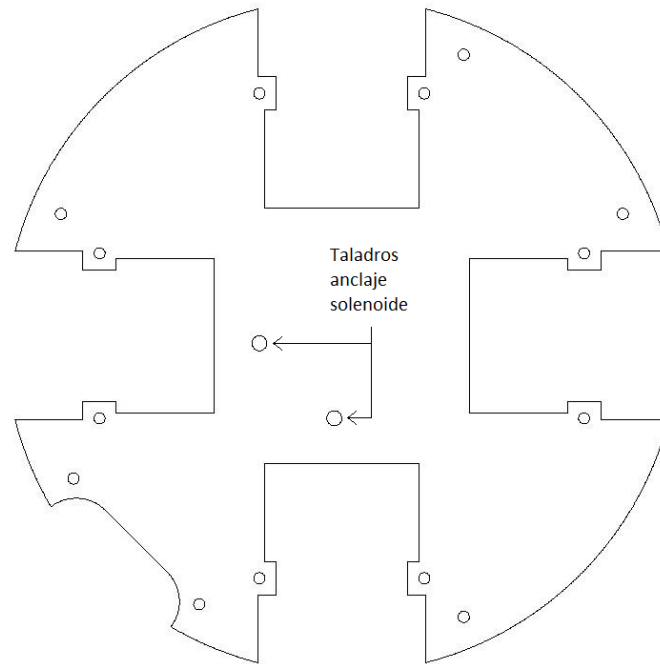
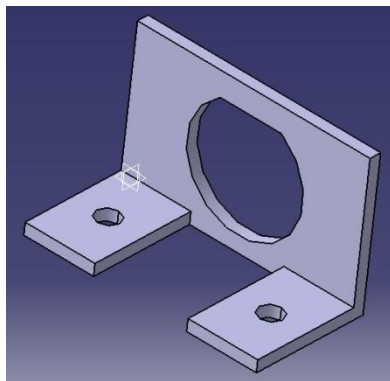


Figura 4.37. Anclaje a la base

4.4.- OPTIMIZANDO EL DISPARO

Como hemos visto antes la carga del condensador viene dada por:

$$Q = CV$$

Por lo tanto se necesita cuanto mayor voltaje y capacidad mejor. Esto se ha comprobado en el laboratorio. Con un sencillo experimento se observa que para un condensador de 470 μF , la potencia de disparo iba aumentando según subíamos la tensión del generador:

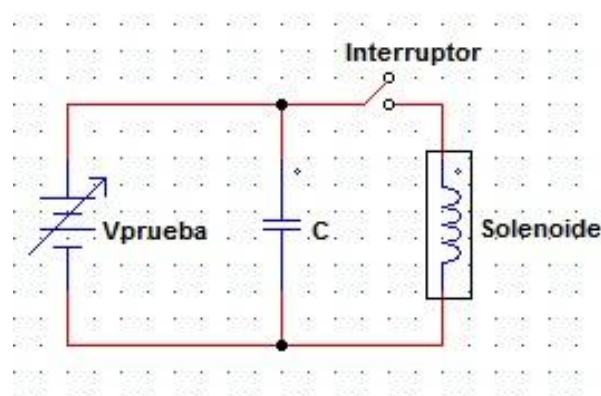
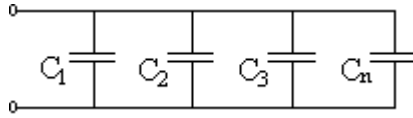


Figura 4.38. Circuito de pruebas

A continuación se mantuvo constante la tensión, cargando los condensadores a 200V, y variamos la capacidad de éstos. Para ello, como se disponía de varios condensadores de 470 μF en el laboratorio, se iban conectando en paralelo. Así, con 1 condensadores tendríamos 470 μF , con 2 el doble (940 μF), con 3 el triple (1410 μF) y así sucesivamente.



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Figura 4.39. Condensadores en paralelo

Efectivamente, con las primeras capacidades vimos que no alcanzábamos velocidades muy altas, y cuantos más condensadores poníamos en paralelo, mayor potencia obteníamos. Por otra parte, superados los 3 mF (más de 6 condensadores) apenas se notaba la diferencia, así que se fijó en ese valor la capacidad que iba a usarse. Hay que tener en cuenta que valores más altos implican condensadores más grandes y el espacio es una de las restricciones más importantes en esta competición. Para llegar a esta cifra se usarán dos condensadores en paralelo de 1500 μF cada uno capaces de soportar 250 V (dejamos un margen de seguridad de 50 V) y deberán de situarse a los lados en la planta baja del robot.

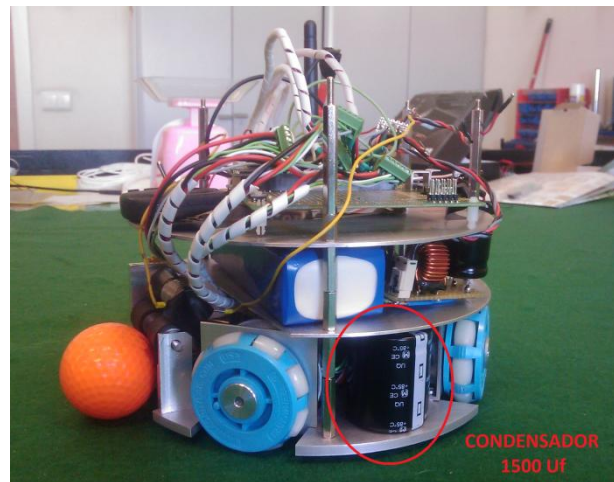


Figura 4.40. Situación de condensadores

Una vez elegida la capacidad y tensión a la que se realizará el disparo, pasaremos a la búsqueda de la posición óptima tanto del vástago como de la pelota.

En primer lugar se realizará un ensayo golpeando a la pelota en diferentes lugares. Empezaremos por darle un golpe “seco” y a continuación se irá aumentando la longitud con la que el pistón se adentra en la bola.

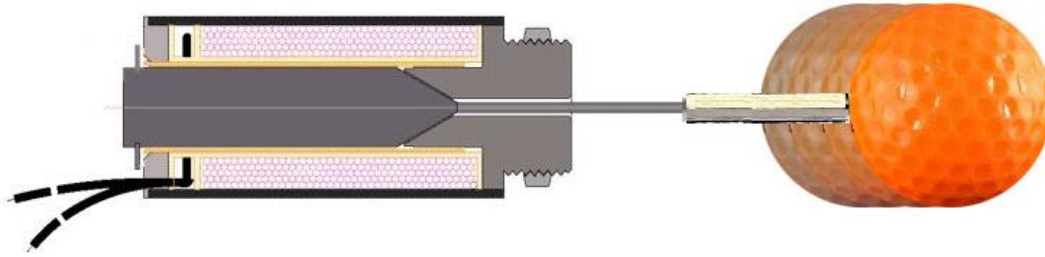


Figura 4.41. Ensayo disparo I

El resultado de este experimento nos da una curva que se asemeja a una campana de Gauss, donde el punto óptimo se encuentra entre los 5 y los 10 mm. Esta medida no es muy exacta debido a que no se dispone del instrumental adecuado para saber la fuerza o la velocidad que se imprime a la pelota. Para nuestro robot se colocará el vástago para que golpee 8mm la pelota.

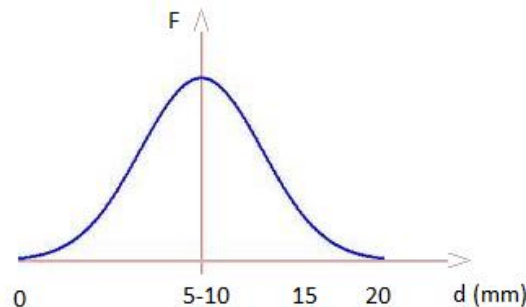


Figura 4.42. Experimento golpeo

Por último se estudiará la posición del vástago dentro de la armadura. Primero probaremos con una carrera muy corta y poco a poco se irá alargando hasta obtener el punto óptimo para golpeo.

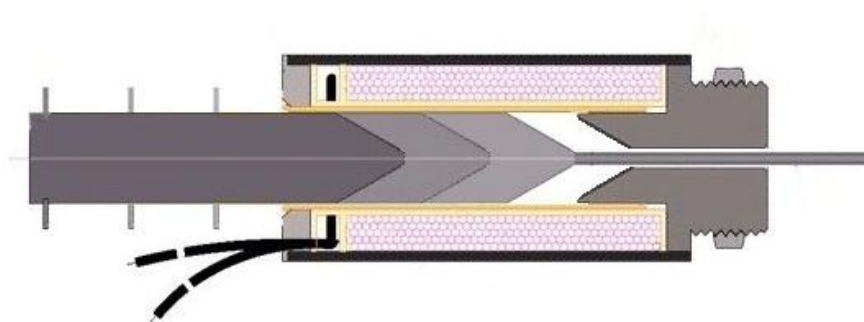


Figura 4.43. Ensayo disparo II

La teoría nos dice que con una carrera corta se ejerce más fuerza, ya que hay más cantidad de material ferromagnético dentro del cuerpo del solenoide, siéndole sometido a un campo magnético mayor. Sin embargo en el experimento se observa todo lo contrario, cuanto más alejamos el vástago del centro de la armadura, mayores velocidades de disparo se obtienen. Esto es debido a que durante la carrera, el émbolo va alcanzando mayor velocidad y golpea a la pelota con una mayor inercia.

Resumiendo, para optimizar el disparo y conseguir velocidades más elevadas seguiremos 4 pasos:

- Elevar la tensión hasta los 200 V
- Usar una capacidad como mínimo de 3 mF
- Ajustar la extensión del vástago para golpear 8mm a la bola
- Golpear con la mayor carrera posible

4.5.- CIRCUITO ELEVADOR DC-DC

Para elevar la tensión de los 15 V de la batería hasta los 200 V necesarios para un buen disparo recurrimos a un circuito elevador tipo boost.

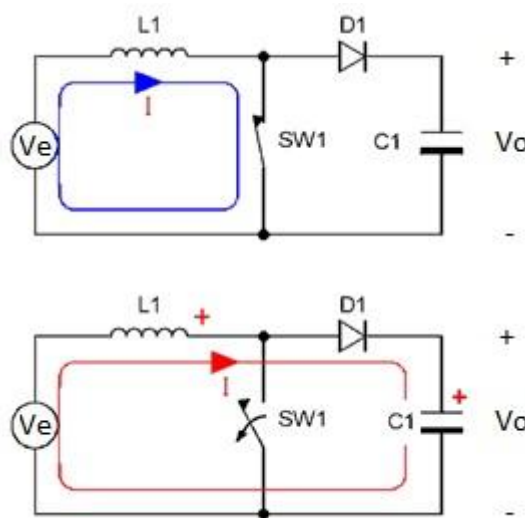


Figura 4.44. Circuito elevador Boost

Con este circuito se carga un condensador mediante la siguiente fórmula:

$$V_0 = \frac{1}{(1-D)} \cdot V_e$$

Figura 4.45. Ecuación Boost

Donde V_e es la tensión de alimentación (los 15 V de la batería), D es el ciclo de trabajo al que opera el interruptor, y V_o la tensión de salida a la que se carga el condensador.

Como la relación de tensiones es muy alta, se necesitaría un ciclo de trabajo del 92.5%. Esto no es viable, se tendría que ser muy preciso y además acarrearía muchas pérdidas. Hay que tener en cuenta que no es aconsejable superar ciclos que vayan más allá del 80%. Consecuentemente se ha decidido utilizar un diseño de dos etapas. En la primera etapa la tensión se eleva de 15 hasta unos 50 voltios y en la segunda se llega hasta los 200 V aproximadamente.

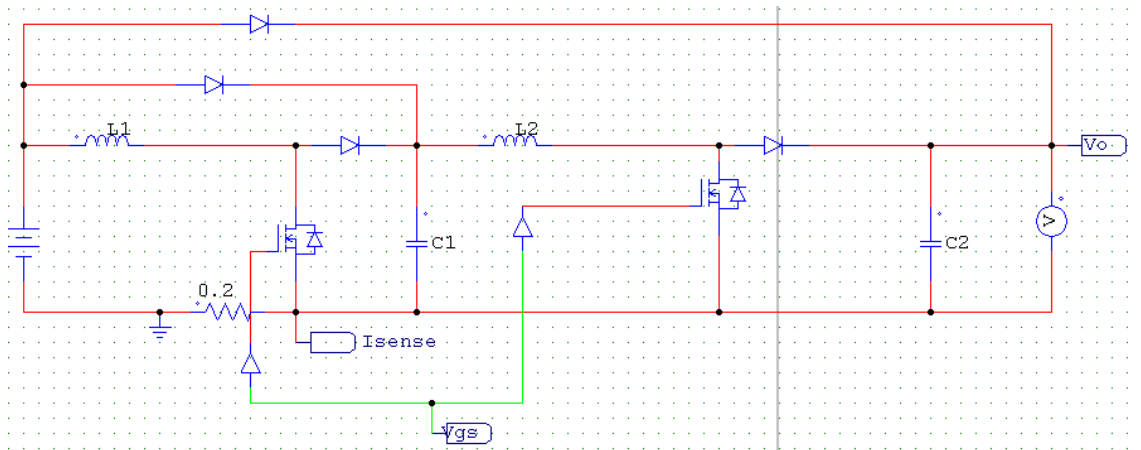


Figura 4.46. Esquemático del convertidor

De esta manera la función de transferencia entre la entrada y la salida queda de la siguiente manera:

$$V_0 = \frac{1}{(1-D)^2} \cdot V_e$$

Figura 4.47. Ecuación Boost de 2 etapas

Así, el ciclo de trabajo que se necesita teóricamente para llegar a los 200 V sería del 72% y estaríamos dentro de un rango adecuado, sin provocar muchas pérdidas.

Los diodos entre la batería y los condensadores proporcionan a éstos una carga inicial de 15 voltios. Esto hace que se suavice notablemente el inicio de la carga de los mismos, permitiendo que la corriente inicial sea mucho más pequeña. De esta manera protegemos el circuito de picos de intensidad que puedan dañar los distintos elementos del mismo.

Cabe destacar que nuestro circuito carece de carga a la que aplicar los 200 V de tensión, como es habitual para este tipo de elevadores. Esto se debe a que dicho circuito está orientado exclusivamente a la carga del condensador para que éste la almacene y la suelte de golpe al solenoide en el momento del disparo. Debido a esto no se tiene ningún otro “camino” para la corriente excepto el del condensador, así que éste se irá cargando cada vez más y más. Es cierto que por encima de los 200 V empieza a cargar cada vez más lento y probablemente se produjera un disparo antes de alcanzar tensiones mucho más elevadas, pero como no puede permitirse ese riesgo hay que idear algún método para fijar esta tensión.

Otra opción mucho más sencilla para obtener la tensión requerida es el uso de convertidores DC/DC comerciales, como por ejemplo los de la marca picelectronics. La serie 12QP proporciona un rango de entrada de 9 a 18V (ideal para nuestros 15V de la batería) y según el modelo ofrece tensiones de salida de hasta 500 V. Para nuestra aplicación el convertidor ideal sería el 12QP200 que da una salida de 200 V. Además estos encapsulados no son demasiado voluminosos y entrarían perfectamente en nuestro robot.



12QP SERIES							
50W, SINGLE OUTPUT, 9-18Vin							
PICO MODEL	INPUT VOLTAGE RANGE (V)	OUTPUT VOLTAGE (V)	OUTPUT POWER MAX. (W)**	EFF. (TYP.) @ FL (%)	OUTPUT VOLTAGE RIPPLE Pk-Pk.@FL (mVpp)	OUTPUT VOLTAGE SETUP TOL. (%)	PRICE (US \$)
12QP5.0	9-18	5	40	78	50	0.5	148.73
12QP12	9-18	12	40	85	40	0.5	148.73
12QP15	9-18	15	50	85	40	0.5	148.73
12QP24	9-18	24	50	85	20	0.5	148.73
12QP28	9-18	28	50	85	20	0.5	148.73
12QP48	9-18	48	50	85	30	0.5	170.13
12QP100	9-18	100	50	86	20	0.5	208.65
12QP200	9-18	200	50	85	150	0.5	262.15
12QP300*	9-18	300	40	87	100	0.5	315.65
12QP400*	9-18	400	40	87	200	0.5	347.75
12QP500*	9-18	500	40	86	200	0.5	374.50
* For these units, Pout max is linearly derated at 6.7 W/V for input voltages lower than 10.5V							
**Proper thermal management required: Base Plate Temp. <85°C (See Application Notes)							
***10% minimum load required at any time							

Figura 4.48. Convertidores DC-DC picoelectronics

Esta opción se rechazó sobre todo por el tema económico. Como se puede apreciar en la imagen anterior el precio de este convertidor sería de 262.15 \$, sin contar los gastos de envío que proviniendo de una empresa americana serían considerables. Hay que tener en cuenta que hemos empezado a construir el robot desde cero y sólo en el sistema locomotor, el cual es imprescindible, se ha desembolsado cerca de 1000 €[16].

4.6.- CIRCUITO DE CONMUTACIÓN

Como hemos visto anteriormente, para elevar la tensión es necesaria una pwm que haga conmutar los transistores del circuito Boost con un ciclo de trabajo del 72% aproximadamente. Se podría sacar directamente de la placa Rabbit pero, para ahorrarle esa carga y dejarla libre para el resto de tareas, se ha decidido implementarla mediante el circuito integrado 555 en modo aestable.

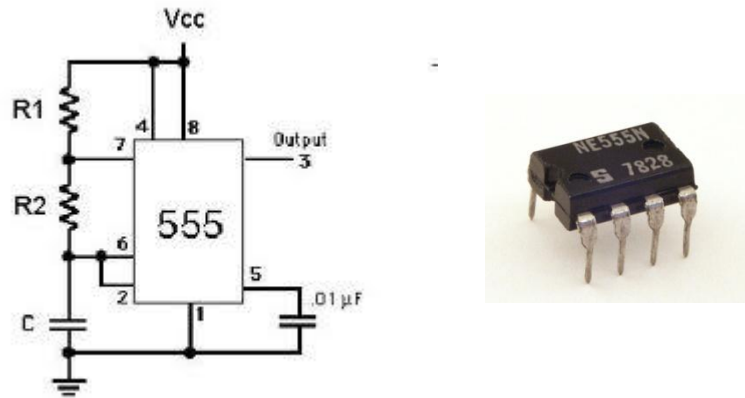


Figura 4.49. Circuito integrado 555

Con esta configuración se obtiene una pwm con las siguientes características:

$$T_{on} = 0.693 \cdot (R1 + R2) \cdot C$$

$$T_{off} = 0.693 \cdot R2 \cdot C$$

Figura 4.50. Ecuaciones del 555

Siguiendo estas fórmulas escogeremos unos valores de R1, R2 y C tales que nos ofrezca una frecuencia de 30 kHz y un ciclo de trabajo en torno al 70%. Estos valores son los que nos han salido anteriormente y han sido comprobados previamente agregándolos al circuito elevador mediante un generador de funciones y viéndose su correcto funcionamiento.

4.7.- CONTROL DE TENSIÓN

Para evitar que la sobretensión en los condensadores es necesario diseñar un circuito que realimente la salida y la estabilice alrededor de los 200 V. Se ha optado por un sencillo comparador que lee la tensión que hay en los condensadores y cuando supera la tensión de referencia (los 200V) apaga un interruptor situado antes de la etapa de potencia. Esto se conseguirá con un amplificador operacional lm741 sin realimentación, actuando así como comparador.

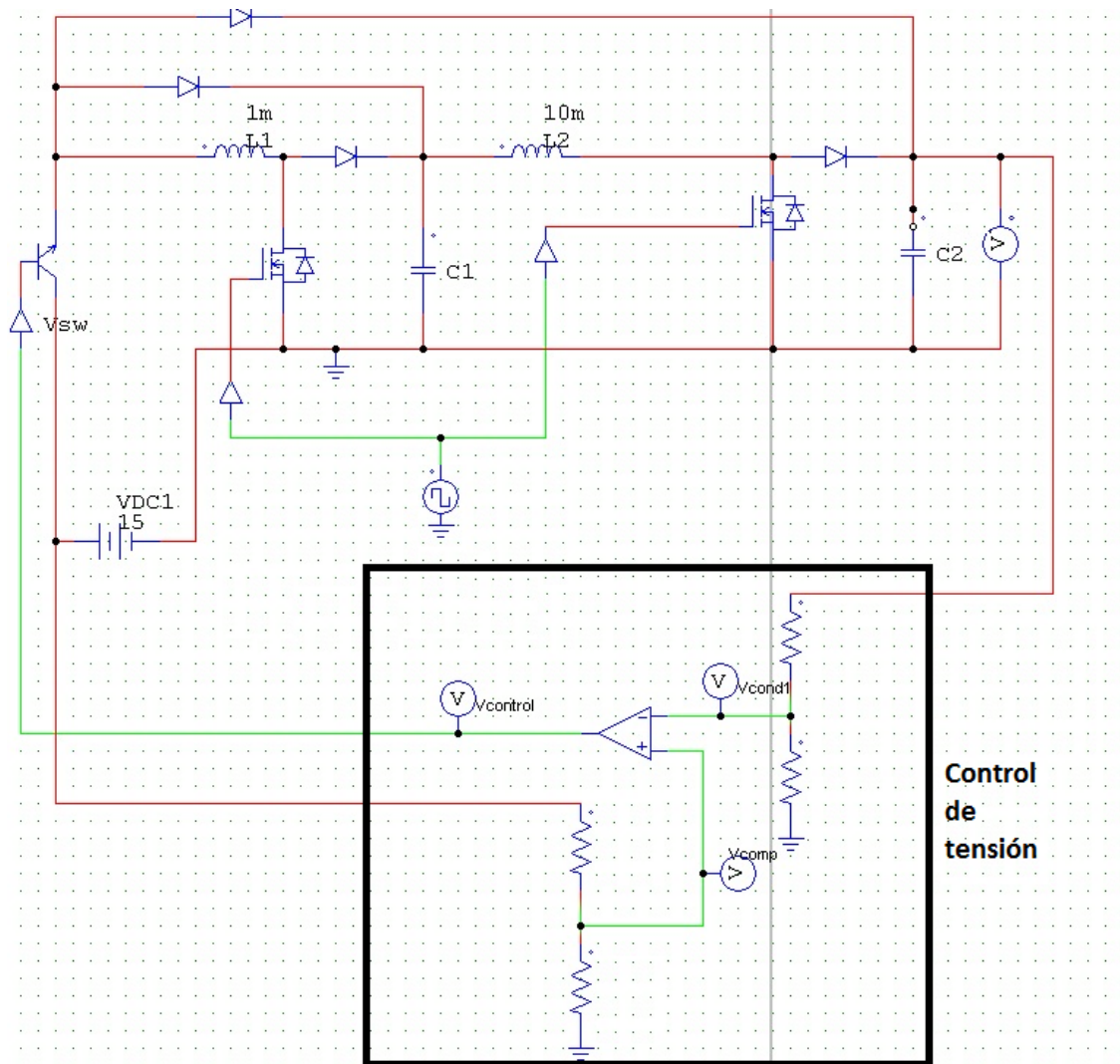


Figura 4.51. Esquemático del control de tensión

Como se ve en la figura el operacional tiene a sus entradas dos divisores de tensión. En la pata + se introduce una tensión de referencia por medio de la batería. Este divisor en principio no haría falta, pero se ha comprobado que no era conveniente meter tensiones tan altas a la entrada del chip. Así fijaremos la referencia en 5 voltios. Esta tensión se compara con la que obtenida en el condensador, donde mediante otro divisor se reduce su tensión para no quemar el chip. Estas resistencias han de calcularse para convertir los 200 V en 5 V. De este modo el condensador se irá cargando y mientras esté por debajo de 200 V la salida del comparador estará a “1” por lo que el circuito de potencia seguirá trabajando. Por el contrario, cuando este valor sea superado obtendremos un “0” a la salida, cortando a través del transistor la alimentación del elevador.

4.8.- DISPARANDO

Por último vamos a ver cómo transmitimos la energía almacenada en los capacitores hacia el solenoide. Para ello se utilizará un mosfet de potencia, capaz de aguantar los altos valores de tensión e intensidad que demandará la bobina, para que actúe como interruptor. La señal de disparo nos la dará el sistema de visión, que activará un puerto de la placa en el momento adecuado. Esto sería suficiente de no ser porque para “abrir” un transistor de este tipo necesitamos como mínimo 5 V y la placa sólo llega a 3.3 V. Para solucionar este inconveniente se usará un amplificador operacional (el lm741 por ejemplo) en una configuración no inversora, con la que obtendremos 6.6 V al poner dos resistencias del mismo valor.

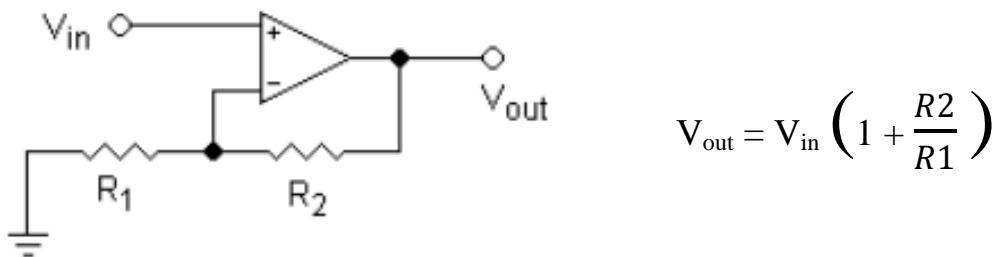


Figura 4.52. AO no inversor

Es necesario colocar un diodo de libre circulación (DLC) en paralelo con la bobina. El diodo sirve de camino a la corriente del inductor cuando el transistor se bloquea. Esto evita la aparición de altas tensiones entre los terminales del transistor y la ruptura del mismo.

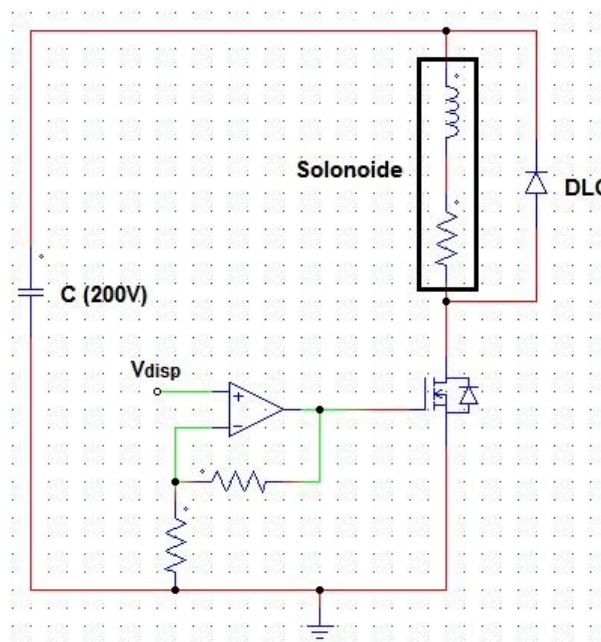


Figura 4.53. Esquemático disparo



Para terminar vamos a ver qué hacer para conseguir disparos a distintas velocidades. La necesidad de aumentar la capacidad de los condensadores fue debida a que si la tenían muy baja se descargaban muy rápido, entonces el solenoide no se energizaba durante su carrera completa.

Una opción que se pensó fue instalar en el robot una batería de condensadores en paralelo de tal forma que, dependiendo de la velocidad que quisiéramos alcanzar, se descargaran más o menos número de ellos. Lo malo de esta idea es que una batería de condensadores ocuparía más espacio así que se prefirió “jugar” con ese tiempo de energización de la bobina. Este método es mucho más sencillo físicamente y nos serviremos del microprocesador para ajustar los tiempos. De esta manera enviando pulsos al mosfet interruptor de menor duración, obtendremos disparos más lentos que nos servirán de “pase” y si los hacemos más largos tendremos la máxima potencia con la que disparar a puerta.

Los tiempos de los que hablamos son muy cortos, pero esto no es un problema ya que la frecuencia de reloj de nuestra placa es de 73.73 MHz y podríamos llegar a realizar pulsos de tan sólo 27 ns.



CAPÍTULO 5

5.- CONTROL DE LA PELOTA

5.1.- INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental de los partidos de fútbol es poder controlar adecuadamente la pelota. A este mecanismo se le conoce en el mundo de la Robocup como dribbler (regateador).

La barra de dribbling es el sistema mecánico responsable del control de pelota. A diferencia de otros dispositivos mecánicos, este sistema no varía considerablemente entre los diferentes equipos de la RoboCup.

Este sistema consiste básicamente en un cilindro horizontal montado al frente del robot. Un motor hace girar la barra a una alta velocidad de tal modo que hace girar la pelota sobre sí misma. Esto permitirá al robot para mantener el control de la pelota mientras se mueve por el campo.

Para la realización de este mecanismo hay que tener en cuenta la normativa descrita en el apartado 2.4/Regateo y en el 2.12/Decisión 4. Recordamos que el giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo para evitar así tiros con efecto y que sólo se permite introducir un 20% de la superficie de la pelota dentro del robot para evitar que se pueda rodear e impedir el acceso de otros robots.

5.2.- DISEÑO DEL DRIBBLER

El objeto principal de este sistema es la barra que hará girar la bola. Lo más sencillo es utilizar un simple cilindro horizontal aunque tiene la desventaja de no mantener fijada la posición de la pelota, que deslizará a lo largo de su longitud. Esto puede no ser un problema al moverse, pero a la hora de golpear la pelota es mejor mantenerla fija para realizar un disparo óptimo[3].

Una posible solución es la planteada por el equipo RoboRoos de la Universidad de Queensland, Australia, que diseñó la barra con forma de un tornillo sin fin o sacacorchos ayudando a la pelota a situarse en una posición central.

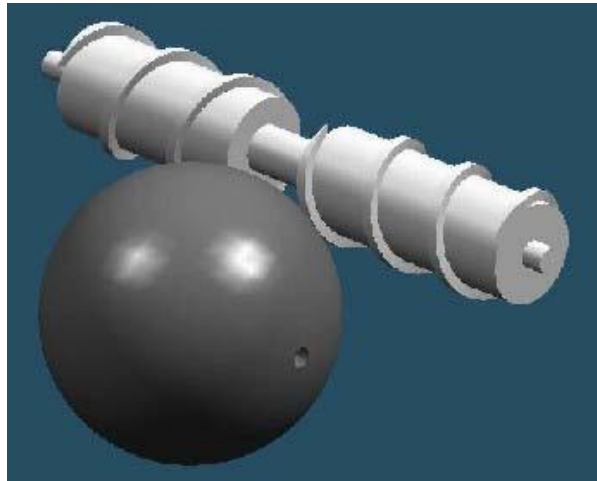


Figura 5.1. Dribbler RoboRoos

Nosotros desechamos este sistema porque se pensó que al tener la barra ese roscado y con la velocidad a la que gira la pelota iba a rebotar e iba a costar mucho mantenerla controlada. Una solución podría ser disminuir la velocidad de giro de la barra, así las “espiras” no golpearían con tanta fuerza la bola, pero se perdería agarre.

Por todo esto nos decidimos por el primer diseño, el de la barra horizontal, pero incluyéndole una pequeña mejora. Ésta consiste en hacerle una ranura justo en la mitad, en la zona donde se quiera mantener la pelota controlada.

Es importante elegir bien el material que esté en contacto con la pelota, tiene que ejercer un buen agarre. Con esta finalidad se ha encontrado unos pequeños amortiguadores que tienen la superficie de goma.



Figura 5.2. Rodillos dribbler

Estos rodillos tienen en sus caras unas chapas metálicas con unos agujeros roscados que le dan consistencia y permiten atravesarlos por una barra roscada que nos hará de eje.



Figura 5.3. Barra dribbler

Una vez tenemos configurada la barra del dribbler vamos a continuar con el elemento que le va a transferir su giro. Para ahorrar costes se han probado distintos motores que teníamos por el laboratorio, encontrándose uno que se ajustaba a nuestras necesidades por potencia (aunque justito) y sobre todo por tamaño.

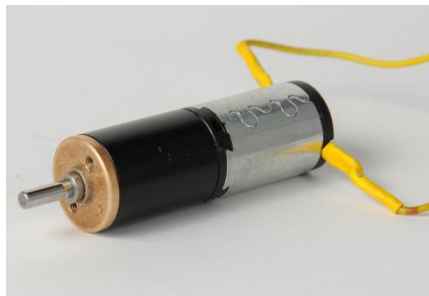


Figura 5.4. Motor dribbler

Éste es un motor maxon de la familia A-max 16 con una reductora incluida. Como no es conocido el modelo exacto del motor, ya que la referencia se había borrado de su superficie, fue sometido a varias pruebas para comprobar su funcionalidad[19].

Tras estas pruebas se comprobó que alimentándolo a 15 V (en realidad el motor es de 12 V pero se sobrealimenta un poco para ganar en velocidad) giraba a 250 rpm y consumía 80 mA por lo que se supone que es un A-max 16 de 1.2 W ($15V \cdot 80mA = 1.2W$) cuya hoja de características está incluida en el anexo.

Una vez dimensionado, se procede a unirlo a la barra mediante dos engranajes con una relación 1:1 y se observó que, aunque el motor tenía el suficiente par para “agarrar” la bola, iba demasiado despacio para controlarla adecuadamente. Para arreglar este inconveniente se agregó una rueda dentada de 34 dientes al motor y se hizo engranar con otra de 12 dientes situada en la barra. De esta manera la velocidad aumenta de 250 rpm a 708 rpm, aunque el par se reduce en la misma proporción. Al realizar nuevamente el ensayo el robot controlaba perfectamente la bola, así que se definieron estos parámetros como definitivos.

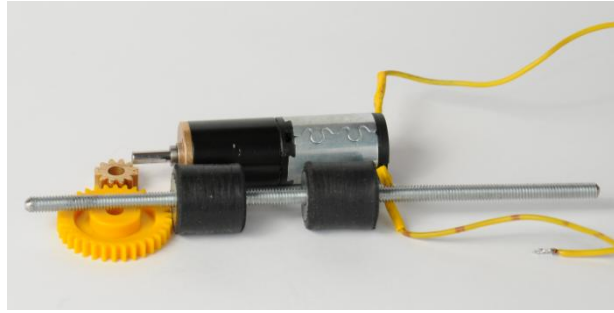


Figura 5.5. Elementos dribbler

5.3.- DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL DRIBBLER

El mecanismo del dribbler necesita un soporte para fijarlo a la base y mantenerlo en su posición horizontal. Para ello volvemos a apoyarnos en la herramienta que se ha estado utilizando durante el proyecto para diseñar piezas, el Catia.

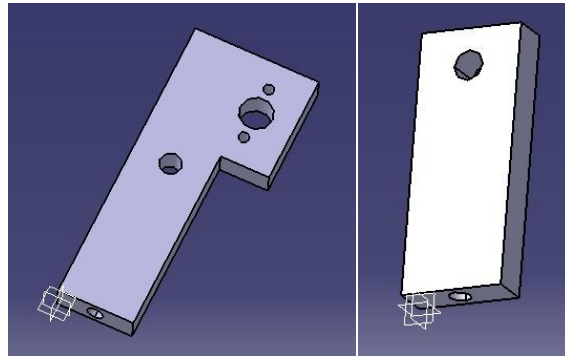


Figura 5.6. Soporte para el dribbler

La pieza de la izquierda será la encargada de fijar el motor y engranar perfectamente los dos engranajes y con la de la derecha se conseguirá alinear la barra del dribbler. Los taladros inferiores son los encargados de fijarlos a la base.

Estas piezas están diseñadas para dejar la barra a una altura de 40 mm, idónea para controlar bien la pelota sin “ocultarla” más de un 20% como exige la normativa.



Figura 5.7. Dribbler

5.4.- ACTIVACIÓN DEL DRIBBLER

Para no mantener el dribbler en continuo funcionamiento se le hará un control similar al de la activación del disparo. La diferencia es que al trabajar con baja tensión (15 V) se puede utilizar un mosfet sencillo, por lo que los 3.3 V que nos da el puerto de salida de la placa será suficiente para activarlo. De no ser suficiente sólo se tendría que incluir un A.O. en configuración no inversora como ya se hizo para el solenoide.

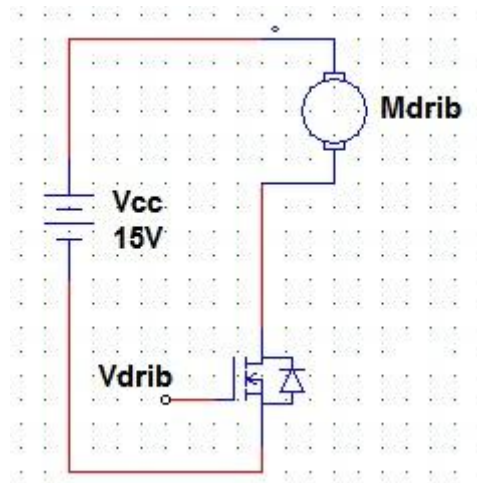


Figura 5.8. Activación del dribbler

Una vez estuvo todo montado dentro del robot se probó su funcionamiento para asegurarnos que nuestra placa era capaz de mover el dribbler y así fue, no hizo falta la inclusión de ningún amplificador.

CAPÍTULO 6

6.- CONCLUSIONES Y MEJORAS

6.1.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han sido similares a los que en un principio se esperaron. Se ha creado una plataforma móvil en la que se han incluido los sistemas de control, alimentación, disparo y dribbling.

El tamaño es el tema que más nos preocupó desde un principio, ya que se debían encajar todos esos sistemas en un espacio muy reducido, y se ha resuelto satisfactoriamente creando un robot compacto y completamente autónomo.

Concretando más en lo que concierne a este proyecto se ha diseñado un sistema de disparo que golpea la pelota con una fuerza considerable y capaz de, en un futuro, marcar muchos goles para la UC3M.

En cuanto al dribbler o regateador se ha hecho una buena labor de “reciclaje”. Se ha conseguido realizar una estructura que controla la bola y la sitúa perfectamente alineada con el solenoide para lograr un disparo óptimo, prácticamente a coste 0, reutilizando la mayor parte de sus elementos con bastante buen resultado.

6.2.- MEJORAS EN EL SISTEMA DE DISPARO

Las mejoras en el sistema de disparo van íntimamente ligadas con mejorar el circuito elevador de tensión, disparar más fuerte y más rápido.

Sin embargo hay un par de modificaciones que se pueden realizar para ser mucho más competitivos:

- Como sistema de protección pueden incluirse unos sensores bajo la barra del dribbler. Este sistema de sensado nos servirá para cerciorarnos de que la pelota está en su lugar y no descargar el solenoide en vacío. Para realizar esta ampliación sólo necesitaríamos un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor. Nuestro mecanismo está pensado para fiarse del sistema de visión, que será el encargado de decidir si la pelota está en nuestro poder.

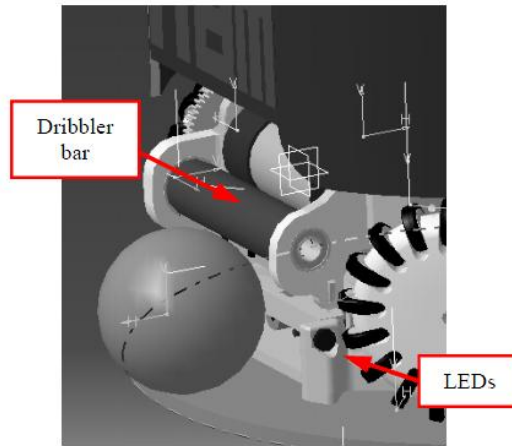


Figura 6.1. Sensado disparo.

- Otra opción sería hacer una superficie de contacto mucho más alargada, así dispararía en buenas condiciones aunque la bola no estuviera perfectamente centrada. Además dotaría de mayor inercia a la barra y puede que se consiguieran disparos de mayor potencia.

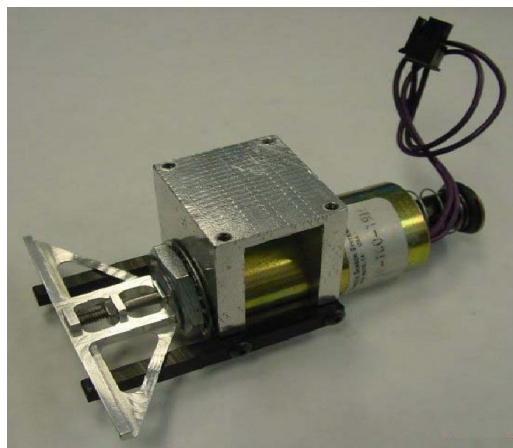


Figura 6.2. Ampliación disparo.

- Por último la ampliación de mayor importancia. De hecho se pensó implantarla este mismo año, pero por complicaciones con algunos de los sistemas del robot se nos alargaron los plazos y no nos dio tiempo. Esta mejora consiste en la implantación de algún sistema para golpear la pelota por abajo, haciendo que ésta salte por encima de un robot. Sería muy útil sobre todo en tareas defensivas y nos haría realmente competitivos. Este sistema lo tiene muy avanzado el equipo CMDragons (4 veces campeones del torneo)

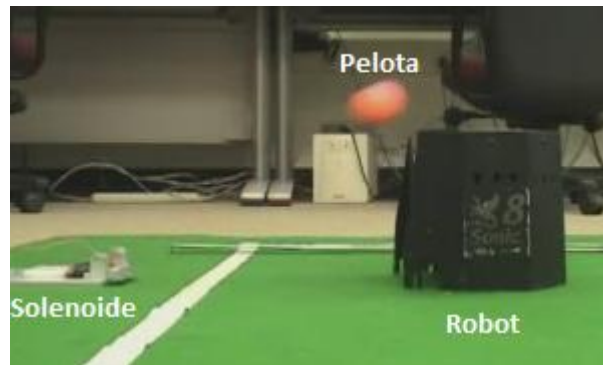


Figura 6.3. Disparo CMDragons

6.3.- MEJORAS EN EL SISTEMA DE DRIBBLING

Teniendo en cuenta los problemas surgidos durante las pruebas y el comportamiento del robot durante las mismas, las mejoras que se proponen son las siguientes:

- Sustituir el motor que proporciona la energía para la rotación de la barra del dribbler por otro de la misma familia pero que nos ofrezca mejores prestaciones sin la necesidad de sobrealimentarlo.
- Cambiar forma estándar cilíndrica de la barra, en nuestro caso los amortiguadores, por una disposición cónica con forma de reloj de arena. De esta manera creemos aumentará la superficie de contacto con la pelota proporcionando así un mejor agarre.
- Otro avance más técnico puede ser la inclusión de algún tipo de amortiguación similar al creado por la Universidad de Cornell, para evitar que la fuerza con la que se pueda recibir un pase no haga que la pelota rebote y la pueda controlar instantáneamente.

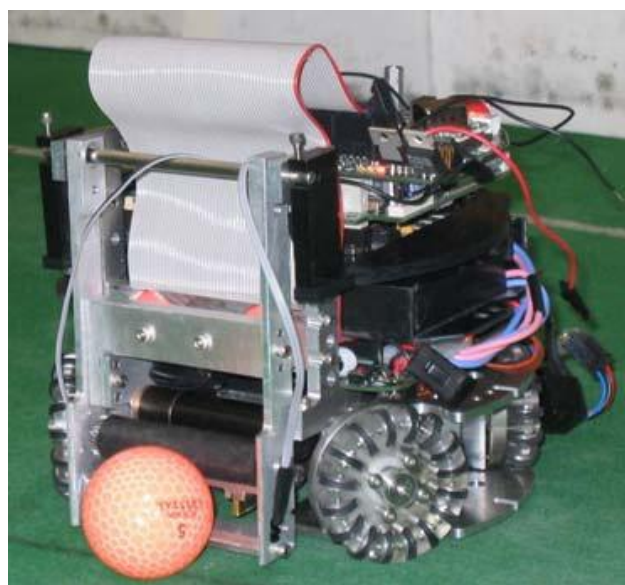


Figura 6.4. Suspensión Universidad de Cornell

CAPÍTULO 7

7.- PRESUPUESTO

7.1.- COSTE MATERIAL

7.1.1.- Estructura

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Base Principal aluminio 4mm de espesor, 18 cm diámetro	90,00	1	90,00
Escuadra motor aluminio 1.5mm	7,00	4	28,00
Escuadra solenoide aluminio 1.5 mm	7,00	1	7,00
Pilar Soporte eje de aluminio 4 mm	7,35	2	14,70
Base primera planta aluminio 1.5 mm	20,00	1	20,00
Base segunda planta aluminio 1.5 mm	20,00	1	20,00
Separadores roscados	1,00	15	15,00
Tornillería	3,00	-	3,00
TOTAL			197,70

7.1.2.- Sistema Locomotor

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Rueda omnidireccional mod 2051	2,06	4	8,24
Casquillo rueda	4,00	4	16,00
Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada	186,45	4	745,80
TOTAL			770,04

7.1.3.- Dribbler

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Rueda 34 dientes	1,65	1	1,65
Rueda 12 dientes	1,15	1	1,15
Topes de goma	2,15	2	4,30
Motor Maxon Slim A-max	36,51	1	36,51
Barra roscada de 3mm de diámetro	1,25	1	1,25
TOTAL			44,86

7.1.4.- Sistema de Disparo

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Solenoide de Tracción 24Vdc RP16 X 16 Magnet-Schultz	28,49	1	28,49
Condensador Snap-In UQ 1500uF 250V 85deg C	10,95	2	21,90
Condensador electro Al TSUP,470uF 100V	4,19	1	4,19
Bobina 1mH	3,80	1	3,80
Bobina 10mH	4,10	1	4,10
Mosfet FDP51N25	2,63	3	7,90
BJT BD249	4,55	2	9,10
Diodo STTH5L06D	0,99	5	4,95
LM741	0,49	1	0,49
NE555	0,48	1	0,48
Componentes electrónicos varios	5,00	1	5,00
TOTAL			90,40

7.1.5.- Sistema de Control

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Placa de control Rabbit RCM 5400W	240,00	1	240,00
TOTAL			240,00

7.1.6.- Cableado y Conexionado

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Cables, clemas y conectores	Varios	Varios	15,00
Protector helicoidal para cables	10m	0,57	5,70
TOTAL			20,70

7.1.7.- Alimentación

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Batería 14,8V 3300MAH 30C	59,99	1	59,99
Cargador/Equilibrador LiPO "Dual Power"	79,99	1	79,99
TOTAL			139,98

7.2.- COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros técnicos y la cuantía de las becas para ingeniero técnico. La duración se ha estimado en 9 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salario brutos son de un 7% en concepto de Seguridad Social y un 22% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Sueldo mensual	Meses	Total
Ingeniero Técnico Industrial	1.500,00	9	13.500,00
Ayudante	500,00	9	4.500,00
Total antes de impuestos			18.000,00
TOTAL			23.220,00

7.3.- PRESUPUESTO FINAL

El importe total asciende a:

Concepto	Total
Coste material	1.503,68
Coste personal	23.220,00
TOTAL	24.723,68

El presupuesto de ejecución material del proyecto asciende a la cantidad de **VEINTICUATRO MIL SETECIENTOS VEINTITRES CON SESENTA Y OCHO EUROS.**

CAPÍTULO 8

8.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT (EUROBOT08).
Pablo Escribano García, PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] DESIGN OF A ROBOCUP SHOOTING MECHANISM.
Eindhoven University of Technology The Netherlands.
- [3] SOCCER DRIBBLER DESIGN FOR THE EAGLE KNIGHTS ROBOCUP
SMALL SIZE ROBOT
Misael Soto Ruiz and Alfredo Weitzenfeld, Senior Member, IEEE.
- [4] DISEÑO GLOBAL DE ARQUITECTURA Y HW DE ROBOSOCER
SSL. Jesús Emilio Fernández de Frutos. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [5] DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA HARDWARE PARA LA
ROBOCUP SMALL SOCCER LEAGUE (SSL).
Francisco Javier Bermejo Lozoya. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [6] TEAM DESCRIPTION FOR ROBOCUP 2009. Parsian SSL Team.
Amirkabir University Of Technology (Tehran Polytechnic).
- [7] TEAM DESCRIPTION FOR ROBOCUP 2010. Parsian SSL Team.
Amirkabir Univiversity Of Technology (Tehran Polytechnic).
- [8] DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS ROBOTS F180 DEL ITAM.
Edgar David Sotelo Iniesta. Instituto Tecnológico Autónomo De México.



- [9] <http://www.robocup.org/>
- [10] <http://es.wikipedia.org>
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/Robocup>
- [12] http://small-size.informatik.uni-bremen.de/_media/rules:ssl-rules-2010.pdf
- [13] <http://small-size.informatik.uni-bremen.de/teams:teams>
- [14] <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0598048001156321794.pdf>
- [15] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/muelle/muelle.htm>
- [16] <http://www.picoelectronics.com/>
- [17] <http://www.monografias.com/trabajos72/los-solenoides/los-solenoides.shtml>
- [18] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/magnetico/cMagnetico.html>
- [19] <http://shop.maxonmotor.com/ishop/motor/category/maxon%20DC%20motor/node/A-max.xml>
- [20] <http://es.rs-online.com/web/>
- [21] http://www.hobbymodelismo.es/tienda/baterias-lipo-c-3_726_727.html

Nota: Todos los links aquí expuestos están comprobados a Octubre de 2010





















CAPÍTULO 9

9.- ANEXOS

A continuación se adjunta:

- Salón de la fama, clasificación del campeonato (1997/2010) [13].
- Hojas de características del solenoide.
- Hojas de características del motor del dribbler, A-max 16 1.2W.
- Plano de la base del robot.
- Plano de la escuadra del solenoide.
- Plano del soporte del dribbler.

9.1.- Salón de la fama

Rank	Team Name	Country	1st	2nd	3rd	4th
1	CMDragons / CMUnited		4 (97,98,06,07)	2 (08,10)		
2	Cornell Big Red		4 (99,00,02,03)	1 (05)	1 (03)	
3	FU Fighters		2 (04,05)	3 (99,00,02)	1 (03)	1 (01)
4	Skuba		2 (09,10)		1 (08)	
5	PlasmaZ		1 (08)	1 (07)	2 (06,09)	
6	Lucky Star		1 (01)		4 (99,00,02,04)	
7	RoboRoos			3 (98,03,04)		
8	Field Rangers			1 (01)	1 (05)	1 (06)
9	5dpo			1 (06)	1 (98)	
10	RoboDragons			1 (09)	1 (07)	
11	Naist			1 (97)		
12	MRL				1 (10)	
13	CMRoboDragons	 				2 (04,05)
14	ZjuNict					2 (07,08)
15	Cambridge					1 (98)
16	Odens					1 (09)
17	KIKS					1 (10)

9.2.- Hojas de características del solenoide

MAGNET-SCHULTZ
SOLENOIDS AND SOLUTIONS



QUALITY SINCE 1912

DC Cylindrical Solenoid

Rectifier for AC supply
Stroke up to 25mm
Pull and Push versions

10

Product group

**Type R16 x 16
& RP 16 x 16**

- Designed and manufactured in accordance with ISO 9001

- Long stroke design

- Pull version with integral clevis end

- Push version with threaded pushrod

- Increasing force characteristic (fig. 2)

- Threaded mounting nose with anti-rotation feature,
locknut and shakeproof washer



Fig.1

R16 x 16 & RP16 x 16

- Coil with insulation to class B, for voltages up to 250 volts

- Protection classification - DIN VDE0470 / EN60529
flying leads - IP00

- UL rated materials of construction

- Zinc / nickel plated iron parts

- Suitable for operation in any attitude

- Modifications and special designs on request

- Increased protection solenoid for arduous service on:

Machine tools

Office Machines

Motor vehicles

Remote control

Automation

Medical equipment

Packaging and coin equipment

Textile machinery

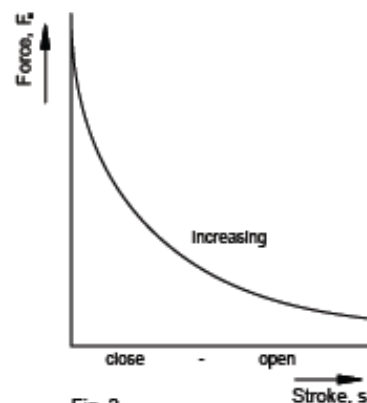


Fig. 2

Force characteristic

Magnet Schultz Limited • 3-4 Capital Park • Old Woking • Surrey • GU22 9LD • UK
☎+44(0)1483 794700 • 📠+44(0)1483 757298 • sales@magnetschultz.co.uk • www.magnetschultz.co.uk



MAGNET-SCHULTZ
SOLENOIDS AND SOLUTIONS

Sales@magnetschultz.co.uk
☎+44(0)1483 794700

QUALITY SINCE 1912

Performance and dimensional data for type R16 x 16 and RP16 x 16

		R16 x 16 - Pull			RP16 x 16 - Push		
Duty Rating		Continuous (CD) 100%	Intermittent (ID) 26%	Pulse (PD) 10%	Continuous (CD) 100%	Intermittent (ID) 26%	Pulse (PD) 10%
Stroke s	(mm)	Magnetic force F_u (N)					
0mm is completion of energised stroke	0	25.3	35.6	42.3	25.2	39.0	46.4
	2	6.9	19.2	28.6	5.6	14.2	30.3
	4	3.8	13.7	23.1	2.7	7.3	21.8
	8	1.8	8.3	17.0	0.8	2.8	13.3
	12	1.1	5.6	12.9	0.2	1.8	8.3
	16	0.76	4.0	10.0			
	20	0.45	2.6	7.4			
	25	0.11	1.2	3.5			
Power Consumption P_{25}	(Watts)	5.5	38	96	5.5	38	96
Armature Weight m_A	(g)	43			38		
Solenoid Weight m_u	(g)	161					

TABLE BASIS

24V / Continuous - Intermittent - Pulse duty
Mounted on steel plate 152 x 152 x 3mm
Horizontal working
Tolerance +/- 10% (inherent and manufacture)

Ambient temperature 25°C
Free air mounted
Pull arrangement

POWER CONSUMPTION (P_{25})

Listed with 25°C coil temperature (decrease/HOT)

MAGNETIC FORCE (F_M)

Listed in H.O.T. condition at RATED voltage
Adjust for armature weight

SUPPLY VOLTAGE

Standard DC: 24V - other voltages on request
Rectifier can be provided for AC Supply

DUTY RATING

The proportion of time that the solenoid is energised per operation cycle, shown in %

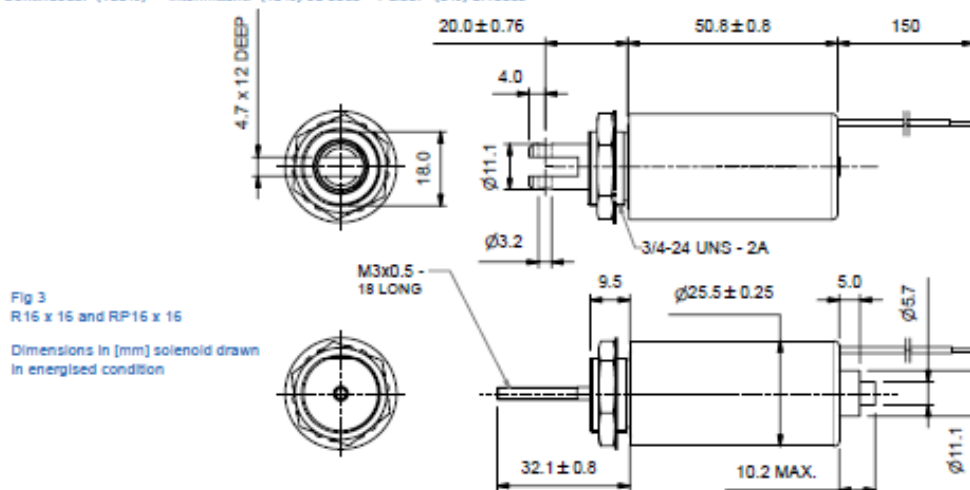
$$\text{Proportion (\%)} = \frac{t(\text{on})}{t(\text{on}) + t(\text{off})} \times 100$$

For each coil type: maximum energised (proportion) time/cycle -

Continuous: (100%) Intermittent: (10%) 60 secs Pulse: (5%) 0.1secs

Order Example

Type	R16 X 16
Voltage	24v DC
Duty rating	Continuous



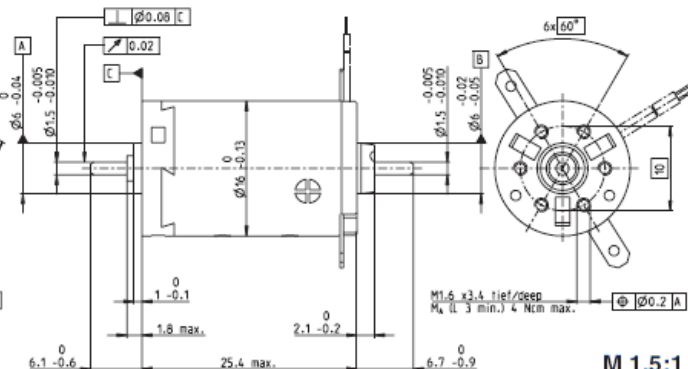
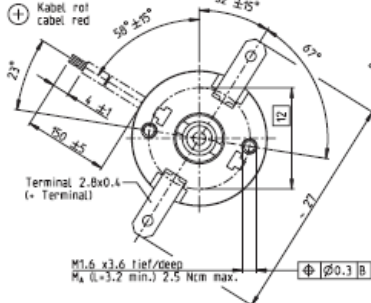
Data may be changed without prior notice - Dimensions not guaranteed

[Subject to our Standard Conditions](#)

0907

maxon A-max

Kabel AWG 26/7
cabel UL Style 1061



M 1.5:1

Order Number

			with terminals	110051	110052	110053	110054	110055	110056	110057	110058	110059	110060
			with cables	135823	352825	354830	352827	354836	352833	354830	352831	354832	352833
Motor Data													
Values at nominal voltage													
1 Nominal voltage	V	1.2	2.4	6.0	7.2	9.0	12.0	15.0	18.0	18.0	30.0		
2 No load speed	rpm	8530	9720	10000	9740	9110	10400	11600	11600	10300	11300		
3 No load current	mA	73.8	44.1	18.3	14.7	10.8	9.69	8.99	7.49	6.34	4.33		
4 Nominal speed	rpm	6960	6190	4520	4190	3520	4900	6090	6050	4580	5500		
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	0.695	1.29	2.18	2.16	2.15	2.16	2.13	2.12	2.20	2.04		
6 Nominal current (max. continuous current)	A	0.600	0.600	0.406	0.326	0.244	0.209	0.185	0.153	0.134	0.0862		
7 Stall torque	mNm	3.83	3.61	4.03	3.86	3.57	4.13	4.54	4.48	3.84	4.04		
8 Starting current	A	2.93	1.58	0.723	0.561	0.390	0.386	0.378	0.311	0.236	0.164		
9 Max. efficiency	%	71	70	71	71	70	71	72	72	70	71		
Characteristics													
10 Terminal resistance	Ω	0.410	1.52	8.30	12.8	23.1	31.1	39.7	57.9	76.2	183		
11 Terminal inductance	mH	0.017	0.0519	0.306	0.467	0.831	1.13	1.42	2.05	2.61	6.01		
12 Torque constant	mNm / A	1.31	2.29	5.57	6.88	9.17	10.7	12.0	14.4	16.3	24.7		
13 Speed constant	rpm / V	7290	4170	1720	1390	1040	893	795	663	587	387		
14 Speed / torque gradient	rpm / mNm	2280	2770	2560	2590	2620	2600	2630	2670	2750	2880		
15 Mechanical time constant	ms	25.1	23.6	23.1	23.1	23.1	23.2	23.3	23.2	23.3	23.7		
16 Rotor inertia	gcm ²	1.05	0.814	0.862	0.852	0.842	0.852	0.846	0.832	0.809	0.786		

Specifications	Operating Range	Comments
Thermal data 17 Thermal resistance housing/ambient 29,8 K/W 18 Thermal resistance winding/housing 5,5 K/W 19 Thermal time constant winding 3,53 s 20 Thermal time constant motor 328 s 21 Ambient temperature -30 ... +65°C 22 Max. permissible winding temperature +85°C		<p>Continuous operation In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient. = Thermal limit.</p> <p>Short term operation The motor may be briefly overloaded (recurring).</p> <p>— Assigned power rating</p>
Mechanical data (sleeve bearings) 23 Max. permissible speed 11000 rpm 24 Axial play 0,05 - 0,15 mm 25 Radial play 0,012 mm 26 Max. axial load (dynamic) 0,8 N 27 Max. force for press fits (static) 35 N 28 (static, shaft supported) 280 N 28 Max. radial loading, 5 mm from flange 1,4 N		
Mechanical data (ball bearings) 23 Max. permissible speed 11000 rpm 24 Axial play 0,05 - 0,15 mm 25 Radial play 0,025 mm 26 Max. axial load (dynamic) 2,2 N 27 Max. force for press fits (static) 30 N 28 (static, shaft supported) 280 N 28 Max. radial loading, 5 mm from flange 7,8 N		
Other specifications 29 Number of pole pairs 1 30 Number of commutator segments 7 31 Weight of motor 22 g CLL = Capacitor Long Life	maxon Modular System 	Overview on page 16 - 21

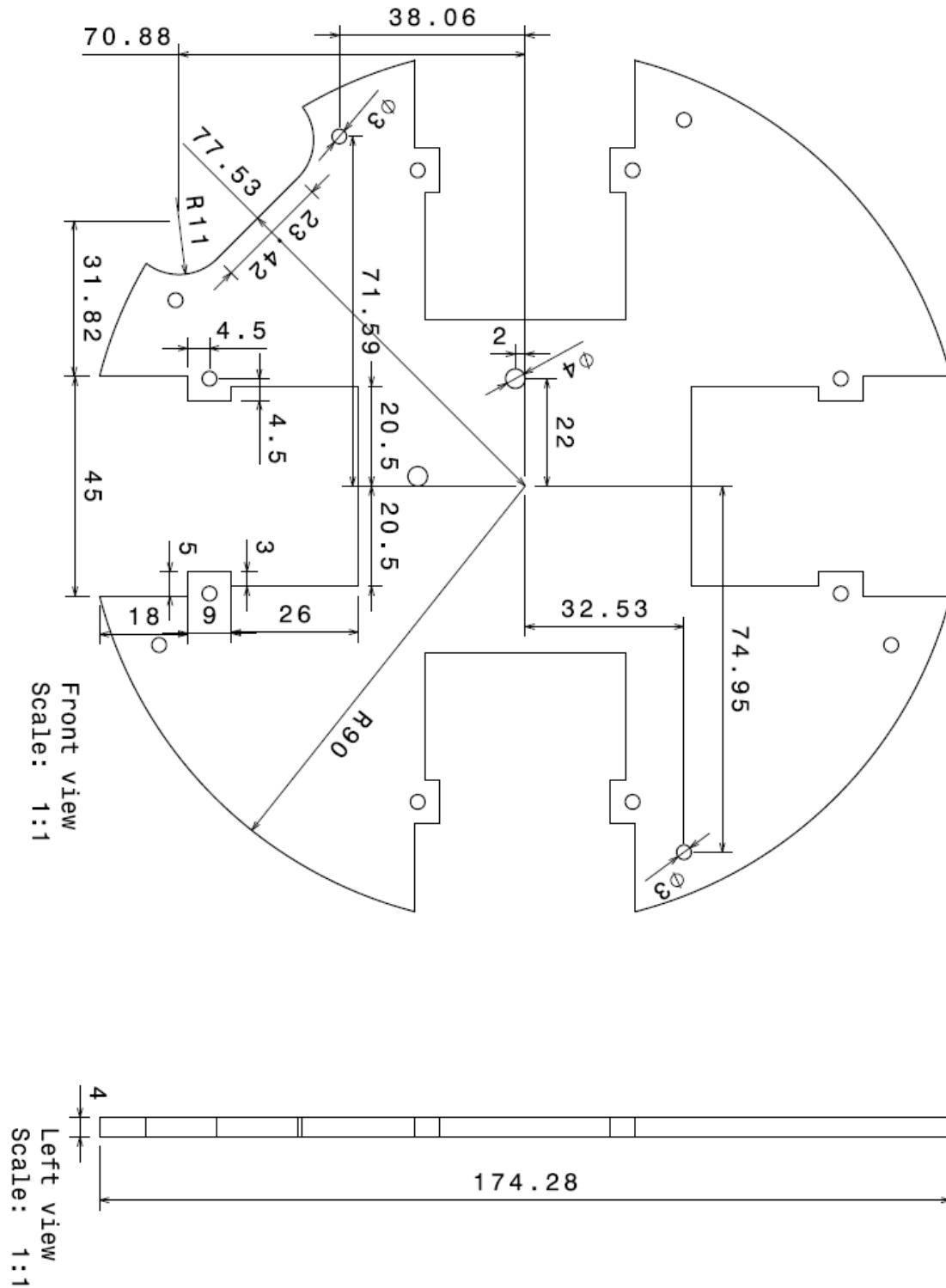
Values listed in the table are nominal.
Explanation of the figures on page 49.

Optionen
Ball bearings in place of sleeve bearings
Without CLL

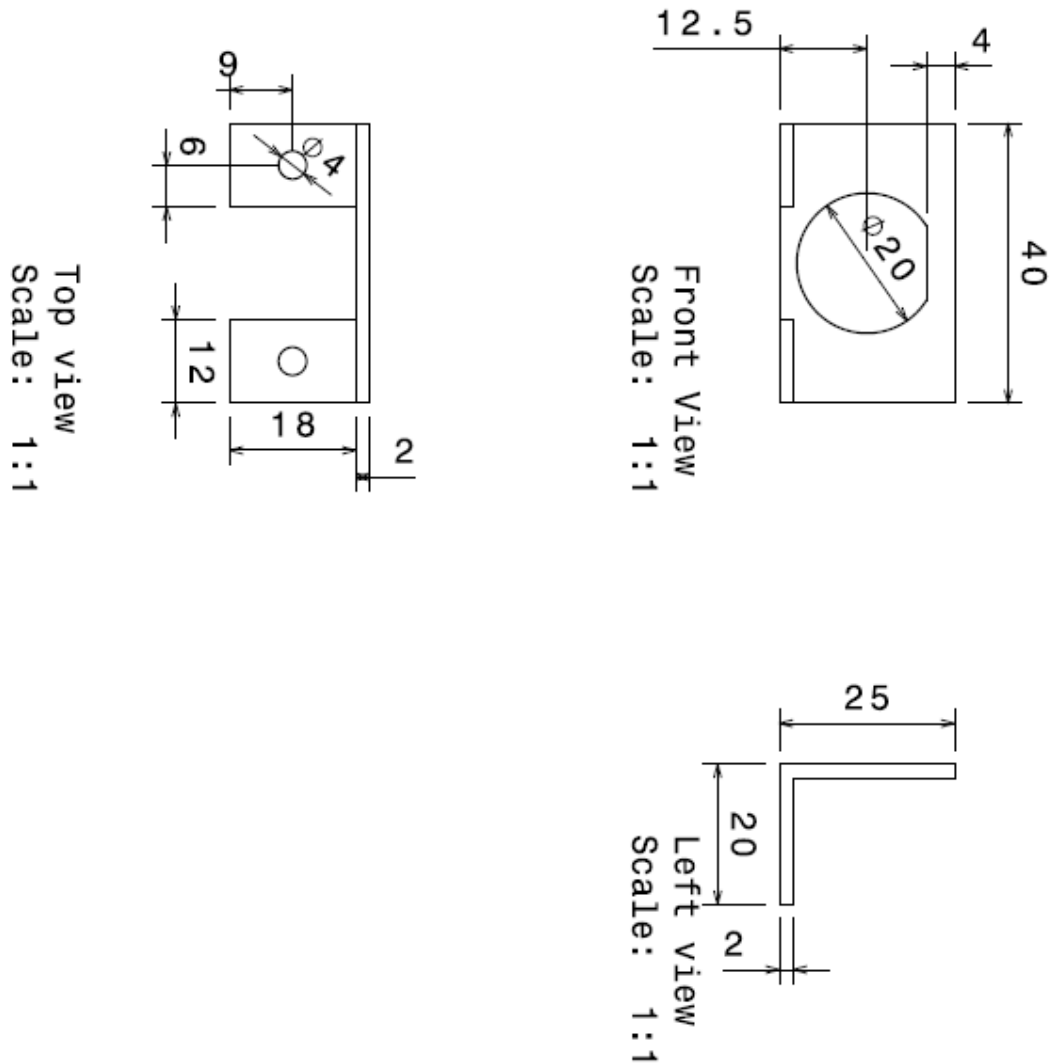
90 maxon DC motor

May 2010 edition / subject to change

9.4.- Plano de la base del robot

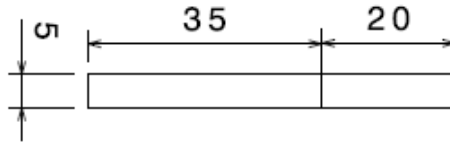


9.5.- Plano de la escuadra del solenoide

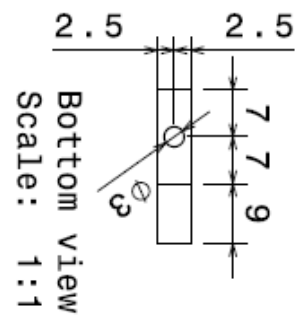
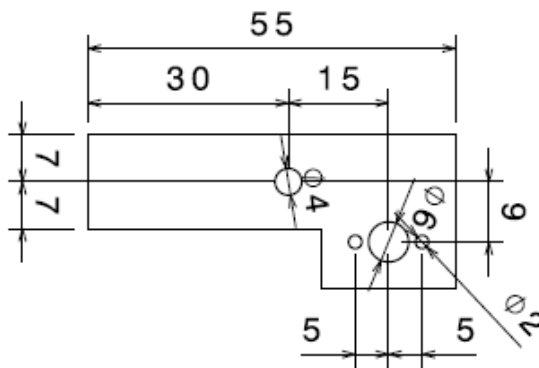


9.6.- Plano del soporte del dribbler

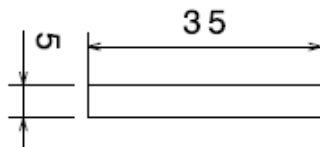
Right view
Scale: 1:1



Front view
Scale: 1:1



Right view
Scale: 1:1



Front view
Scale: 1:1

